

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-317299

(43)Date of publication of application : 16.11.1999

(51)Int.Cl.

H05H 1/46  
C23C 16/50  
H01L 21/205  
H01L 21/3065  
H01L 21/31

(21)Application number : 11-007581

(71)Applicant : TOSHIBA CORP

(22)Date of filing : 14.01.1999

(72)Inventor : TONOYA JUNICHI  
SUZUKI HIROYUKI

(30)Priority

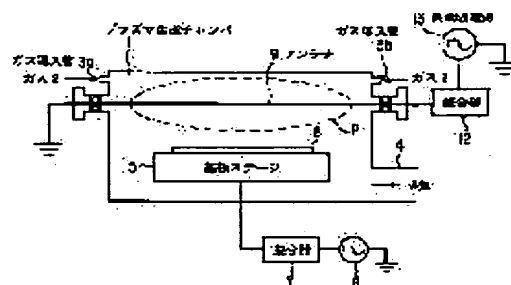
Priority number : 10 34916 Priority date : 17.02.1998 Priority country : JP

## (54) HIGH FREQUENCY DISCHARGE METHOD, ITS DEVICE, AND HIGH FREQUENCY PROCESSING DEVICE

(57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To simplify the structure of an antenna, reduce the cost of replacing component, and facilitate maintenance by arranging at least one linear antenna for generating an induction field for forming plasma by the supply of high frequency power within a vacuum container.

**SOLUTION:** At least one inner linear antenna 9 is arranged so as to cross a plasma forming chamber 1 having gas introduction pipes 3a, 3b at the top, an exhaust pipe 4 at the bottom, and a base plate stage 5 for placing a workpiece 6 on the inside. The outer circumference of an antenna conductor such as a copper pipe inside which a coolant flows is covered with an insulator, and one end is connected to a high frequency power source 13 through a matching device 12 containing a capacitor. By connecting the capacitor to the other end to be earthed, electrostatic coupling with plasma P can be controlled. By using the inner linear antenna 9 suitable for replacement when it is consumed by sputtering, power transmission efficiency is made higher than an outer setting type antenna, and although the magnetic flux density is lower than a loop type, the antenna 9 is near to the plasma P and has high contribution factor.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

\* NOTICES \*

**JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.**

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

CLAIMS

---

[Claim(s)]

[Claim 1] The high-frequency-discharge approach which arranges the antenna of the shape of at least one straight line in a container, is made to generate induction field in said vacuum housing by supplying high-frequency power to this antenna, and generates the plasma.

[Claim 2] The high-frequency-discharge approach characterized by connecting a capacitor among one the earth side of said antenna or said two or more antennas, changing the high-frequency-voltage distribution on said antenna by change of the capacity of this capacitor, and controlling electrostatic association with said antenna and said plasma while arranging the antenna of the shape of at least one straight line in a container.

[Claim 3] an antenna -- the high-frequency-discharge approach according to claim 1 or 2 characterized by making it said antenna which has performed pre-insulation to the periphery side of a conductor.

[Claim 4] the interior of the above-mentioned pre-insulation -- an antenna -- the high-frequency-discharge approach according to claim 3 characterized by for a conductor carrying out eccentricity and preparing it.

[Claim 5] the above-mentioned antenna -- the high-frequency-discharge approach according to claim 4 characterized by carrying out eccentricity of the conductor and preparing it toward the processed object side which is a processing object.

[Claim 6] High-frequency-discharge equipment characterized by providing the antenna of at least one shape of a straight line for arranging in the high-frequency-discharge equipment for generating the plasma in said container by generating induction field in a container in said container which generates said induction field by supply of the high frequency current.

[Claim 7] Said two or more antennas are high-frequency-discharge equipment according to claim 6 mutually characterized by series connection or carrying out parallel connection.

[Claim 8] High-frequency-discharge equipment according to claim 6 or 7 characterized by adding at least one capacitor in order to connect, respectively among one the earth side of said antenna or said two or more antennas and to change the high-frequency voltage distribution on said antenna by change of capacity.

[Claim 9] said antenna -- an antenna -- the high-frequency-discharge equipment according to claim 6 to 8 characterized by performing pre-insulation to the periphery side of a conductor.

[Claim 10] The vacuum housing by which the gas for plasma production is supplied to the interior, and a processed object is arranged inside, Generate induction field in said vacuum housing by supply of the high-frequency power from the power source for high-frequency power, and this power source, and the plasma is made to generate. The RF processor characterized by providing at least one capacitor connected, respectively between the antenna of the shape of at least one straight line arranged in said vacuum housing which makes it process to said processed object, and one the earth side of said antenna or said two or more antennas.

[Claim 11] Said two or more antennas are RF processors according to claim 10 mutually characterized by series connection or carrying out parallel connection.

[Claim 12] said antenna -- an antenna -- the RF processor according to claim 10 characterized by performing pre-insulation to the periphery side of a conductor.

[Claim 13] Said capacitor is a RF processor according to claim 10 which capacity is adjustable and is characterized by changing this capacity and changing the high-frequency-voltage distribution on said antenna.

[Claim 14] the above-mentioned pre-insulation -- an antenna -- while the periphery side of a conductor is covered -- the interior of this pre-insulation -- an antenna -- the RF processor according to claim 10 characterized by for a conductor carrying out eccentricity and preparing it to the above-mentioned pre-insulation.

[Claim 15] the above-mentioned antenna -- the RF processor according to claim 10 characterized by carrying out eccentricity of the conductor and preparing it in said processed object side.

[Claim 16] the above-mentioned pre-insulation -- the path -- the above-mentioned antenna -- the RF processor according to claim 10 characterized by being prepared so that it may change toward the direction which met the conductor.

[Claim 17] the above-mentioned pre-insulation -- the above-mentioned antenna -- some conductors -- a wrap -- the RF processor according to claim 10 characterized by being prepared like.

[Claim 18] the above-mentioned antenna corresponding to the above-mentioned vacuum housing central part in the above-mentioned pre-insulation -- the RF processor according to claim 10 characterized by being prepared so that the part of a conductor may be covered.

[Claim 19] the above-mentioned antenna with which the above-mentioned pre-insulation faces the wall side of the above-mentioned vacuum housing -- a conductor -- a wrap -- the RF processor according to claim 10 characterized by being prepared like.

[Claim 20] said antenna -- the RF processor according to claim 10 characterized by a conductor having at least one bend.

---

[Translation done.]

**\* NOTICES \***

**JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.**

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

**DETAILED DESCRIPTION**

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to a RF processor at the high-frequency-discharge approach used for sources of the plasma, such as manufacture of the thin film for example, on a semi-conductor wafer or a source of a particle beam, and an analysis apparatus, and its equipment list.

[0002]

[Description of the Prior Art] The component (a thin film is called hereafter) in which the thin film which uses a metal, semimetal, a semi-conductor, an oxide, a nitride, arsenic, etc. as a component was formed Storage, such as LSI, a magnetic recording medium, and optical recording equipment, semiconductor laser, It is applied to the main parts of a variety of equipments, such as energy devices, such as displays, such as communication equipment, such as an optoelectric transducer, a flat-surface display, and a solid state image sensor, and a solar battery, and technical development is expected as indispensable components for developing the miniaturization of a device, and high performance-ization from now on.

[0003] Such a thin film is intermediary \*\*\*\* [ in etching, CVD, etc. / the manufacture process detailed-izing of the structure and high performance-ization are progressing, for example, using the plasma ] importantly. And area of the substrate of the processed object used in a manufacture process is also large-area-ized from a viewpoint of a productivity drive.

[0004] In order to realize such a manufacture process, the RF plasma equipment of an inductive-coupling mold attracts attention. Usually this inductive-coupling type of RF plasma equipment arranges a loop-formation-like antenna (a loop antenna is called hereafter) the exterior or inside a vacuum housing, adds the induction field generated by passing the high frequency current at this antenna to the gas in a vacuum housing, and is generating the plasma.

[0005] In this case, the induction field generated with an antenna are added to the gas in a vacuum housing through the dielectric window installed in the vacuum housing, and that high-frequency power is combined with the plasma through induction field.

[0006] Among these, the thing of the internal antenna system which has arranged the loop antenna inside a vacuum housing arranges an antenna directly inside a vacuum housing, passes the high frequency current at this antenna, and generates the plasma, since the distance between an antenna and the plasma is short, the high-frequency power from an antenna to the plasma is transmitted efficiently, and the high-density plasma production of it becomes possible easily.

[0007] the example of the technique used for sputtering as plasma treatment equipment of such internal antenna system at JP,7-18433,A, for example -- or the example of the technique used for JP,8-81777,A at CVD is indicated.

[0008] That is, in the high frequency discharge of an inductive-coupling mold, electrostatic field are also produced between an antenna and the plasma with the high-frequency voltage of not only the induction field produced according to the high frequency current which flows at an antenna but an antenna.

[0009] In external antenna system, a negative direct-current self-bias electrical potential difference occurs on the front face of a dielectric window according to generating of this electrostatic field, and a direct-current self-bias electrical potential difference occurs to the plasma at the antenna itself in internal antenna system.

[0010] And the ion in the plasma is accelerated and sputtering of a dielectric window or the antenna itself is carried out by this direct-current self-bias electrical potential difference. In internal antenna system, since the distance of an antenna and the plasma is short, the phenomenon of this sputtering appears more notably.

[0011] Sputtering happens with an antenna also by the condition that the phenomenon of such sputtering

does not impress direct-current bias voltage to the antenna arranged inside a vacuum housing like the technique indicated by for example, above-mentioned JP,7-18433,A.

[0012]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, if internal antenna system is used for processes, such as CVD and etching, the atom and molecule by which sputtering was carried out will have a bad influence on a process as an impurity.

[0013] That is, as a result of electrostatic association with an antenna and the plasma, a negative direct-current self-bias electrical potential difference occurs in the dielectric an antenna or near the antenna, the ion therefore produced by discharge on this self-bias electrical potential difference is accelerated, and the spatter of the ingredient of a dielectric or an antenna is carried out to it. For example, if the ingredient of an antenna is copper, this copper itself and ionized copper will adhere and accumulate on the wall and processed object of a vacuum housing.

[0014] Moreover, in internal antenna system, since an antenna is exhausted by sputtering, this antenna will be exchanged for a new antenna, if it exhausts to some extent. That is, it is dealt with as a substitute part.

[0015] by the way -- a large -- in case the plasma of a uniform consistency is generated in an aperture vacuum housing, in external antenna system, rationalization is carried out to the configuration of an antenna, or its arrangement, and the antenna of a complicated and delicate configuration is adopted.

[0016] On the other hand, in internal antenna system, since an antenna is dealt with as a substitute part as above-mentioned, in order to aim at reduction of components cost, and improvement in a maintenance, it is needed that an antenna is the simplest possible structure.

[0017] Then, this invention aims at offering the high-frequency-discharge approach as for which the antenna arranged in a container is made to simple structure, and its equipment.

[0018] Moreover, this invention aims at offering the RF processor which simplifies structure of the antenna arranged in a vacuum housing, and can perform RF processing.

[0019]

[Means for Solving the Problem] According to claim 1, it is the high-frequency-discharge approach which arranges the antenna of the shape of at least one straight line in a container, is made to generate induction field in a vacuum housing by supplying high-frequency power to this antenna, and generates the plasma.

[0020] According to claim 2, while arranging the antenna of the shape of at least one straight line in a container, it is the high-frequency-discharge approach characterized by connecting a capacitor among one the earth side of said antenna or said two or more antennas, changing the high-frequency-voltage distribution on said antenna by change of the capacity of this capacitor, and controlling electrostatic association with said antenna and said plasma.

[0021] according to claim 3 -- the high-frequency-discharge approach according to claim 1 or 2 -- setting -- an antenna -- it considers as the antenna which has performed pre-insulation to the periphery side of a conductor.

[0022] according to claim 4 -- the high-frequency-discharge approach according to claim 3 -- setting -- the interior of pre-insulation -- an antenna -- it is characterized by for a conductor carrying out eccentricity and preparing it.

[0023] according to claim 5 -- the high-frequency-discharge approach according to claim 4 -- setting -- an antenna -- a conductor is characterized by carrying out eccentricity and being prepared toward the processed object side which is a processing object.

[0024] According to claim 6, in the high-frequency-discharge equipment for generating the plasma in said container, it is high-frequency-discharge equipment characterized by providing the antenna of at least one shape of a straight line for arranging in said container which generates said induction field by supply of the high frequency current by generating induction field in a container.

[0025] according to claim 7 -- high-frequency-discharge equipment according to claim 6 -- setting -- two or more antennas -- mutual -- series connection -- or parallel connection is carried out.

[0026] According to claim 8, in high-frequency-discharge equipment according to claim 6 or 7, it connected among one the earth side of an antenna or two or more antennas, respectively, and in order to change the RF distribution of voltage on an antenna by change of capacity, at least one capacitor was added.

[0027] according to claim 9 -- high-frequency-discharge equipment according to claim 6 to 8 -- setting -- an antenna -- an antenna -- pre-insulation is performed to the periphery side of a conductor.

[0028] The vacuum housing by which according to claim 10 the gas for plasma production is supplied to the interior, and a processed object is arranged inside, The antenna of at least one shape of a straight line arranged in the vacuum housing which generates induction field in a vacuum housing by supply of the high-

frequency power from the power source for high-frequency power, and this power source, makes the plasma generate, and makes it process to a processed object, It is the RF processor equipped with at least one capacitor connected among one the earth side of an antenna or two or more antennas, respectively.

[0029] According to claim 11, in a RF processor according to claim 10, said two or more antennas are mutually characterized by series connection or carrying out parallel connection.

[0030] according to claim 12 -- a RF processor according to claim 10 -- setting -- an antenna -- an antenna -- pre-insulation is performed to the periphery side of a conductor.

[0031] According to claim 13, in a high frequency processor according to claim 10, capacity is adjustable, and a capacitor changes this capacity and changes the high-frequency-voltage distribution on an antenna.

[0032] according to claim 14 -- the above-mentioned pre-insulation -- an antenna -- while the periphery side of a conductor is covered -- the interior of this pre-insulation -- an antenna -- it is the RF processor according to claim 10 characterized by for a conductor carrying out eccentricity and preparing it to pre-insulation.

[0033] according to claim 15 -- a RF processor according to claim 10 -- setting -- an antenna -- a conductor is characterized by carrying out eccentricity and being prepared in the processed object side.

[0034] according to claim 16 -- a RF processor according to claim 10 -- setting -- pre-insulation -- the path -- the above-mentioned antenna -- it is characterized by being prepared so that it may change toward the direction which met the conductor.

[0035] according to claim 17 -- a RF processor according to claim 10 -- setting -- pre-insulation -- the above-mentioned antenna -- some conductors -- a wrap -- it is characterized by being prepared like.

[0036] the above-mentioned antenna on a RF processor according to claim 10 and corresponding to [ according to claim 18 ] the above-mentioned vacuum housing central part in pre-insulation -- it is characterized by being prepared so that the part of a conductor may be covered.

[0037] the antenna with which pre-insulation faces the wall side of a vacuum housing in a RF processor according to claim 10 according to claim 19 -- a conductor -- a wrap -- it is characterized by being prepared like.

[0038] according to claim 20 -- a RF processor according to claim 10 -- setting -- an antenna -- a conductor is characterized by having at least one bend.

[0039]

[Embodiment of the Invention] (1) Explain the gestalt of operation of the 1st of this invention with reference to a drawing hereafter.

[0040] Drawing 1 is the block diagram of the RF processor which applied the high-frequency-discharge approach of this invention.

[0041] It is formed in the shape of a cylinder, and while the gas installation tubing 3a and 3b for supplying gas 2, such as rare gas, such as process gas, such as reactant gas for etching and material gas for CVD, and Ar, to the upper part is connected, as for the plasma production chamber 1 as a vacuum housing, the exhaust pipe 4 is connected to the lower part. This plasma production chamber 1 may be formed in cube configurations, such as not only the shape of a cylinder but a quadrilateral.

[0042] In addition, although not illustrated to an exhaust pipe 4, an exhaust air pump is connected to it through a pressure regulating valve, and the inside of the plasma production chamber 1 is maintained at the desired pressure by actuation of this exhaust air pump.

[0043] Moreover, in the plasma production chamber 1, the substrate stage 5 is formed and the workpiece 6 by which etching or CVD processing is performed on this substrate stage 5 is laid. In addition, a power source 8 is connected to this substrate stage 5 through the adjustment machine 7, and the bias of a predetermined electrical potential difference is impressed to it to the substrate stage 5.

[0044] Furthermore, in the plasma production chamber 1, it is arranged so that the straight-line-like antenna (an internal straight-line antenna is called hereafter) 9 may cross the plasma production chamber 1. In addition, if it is a straight line-like as the internal straight-line antenna 9 whole, it is sufficient for having called the straight line here, and it shall permit that there is a part which curved at a part of this straight-line-like antenna 9.

[0045] this internal straight-line antenna 9 -- for example, it is formed of a conductive ingredient, for example, copper, and aluminum, and is shown in drawing 2 -- as -- for example, the antenna of a copper pipe -- it is what performed pre-insulation by the insulating material 11, for example, a quartz pipe with a diameter of 15mm, about the periphery of a conductor 10.

[0046] this antenna -- a conductor 10 is formed in the diameter of 6mm, and a refrigerant flows to that inside, and the temperature rise of the internal straight-line antenna 9 is prevented.

[0047] in addition, the internal straight-line antenna 9 -- an antenna -- the \*\* which does not perform pre-insulation to the periphery of a conductor 10 -- an antenna -- the metal of a conductor -- it is good also as pure.

[0048] As shown in drawing 1 , RF generator 13 is connected to the end of this internal straight-line antenna 9 through the adjustment machine 12, and the other end side is grounded.

[0049] Among these, the adjustment machine 12 consists of a capacitor and a coil, and has the operation which makes zero reflective power to RF generator 13.

[0050] Next, the modification of arrangement of the antenna in the gestalt of implementation of the above 1st is explained with reference to drawing 3 and drawing 4 . In addition, the workpiece 6 which gives the same sign to the same part as drawing 1 , and omits that detailed explanation, and is laid the substrate stage 5 and on this substrate stage 5 is also omitted.

[0051] Drawing 3 is the block diagram showing an example of the RF processor which carried out 2 series connection of the internal straight-line antenna.

[0052] It is mutually arranged at vertical relation so that two internal straight-line antennas 14 and 15 may cross the plasma production chamber 1 in the plasma production chamber 1.

[0053] While series connection of these interior straight-line antennas 14 and 15 is carried out and the end of one internal straight-line antenna 14 is connected to RF generator 13 through the adjustment machine 12 among parentheses, the other end of the internal straight-line antenna 15 of another side is grounded.

[0054] these interior straight-line antennas 14 and 15 are formed by aluminum, the same for example, conductive ingredient, for example, the copper, of the above-mentioned internal straight-line antenna 9, -- having -- and the antenna of a copper pipe -- it is what performed pre-insulation by the insulating material, for example, a quartz pipe with a diameter of 15mm, about the periphery of a conductor. the antenna of this copper pipe -- a conductor is formed in the diameter of 6mm, and a refrigerant flows to that inside, and the temperature rise of two antennas 14 and 15 is prevented.

[0055] in addition, these interior straight-line antennas 14 and 15 -- an antenna -- the \*\* which does not perform pre-insulation to the periphery of a conductor -- an antenna -- the metal of a conductor -- it is good also as pure.

[0056] Drawing 4 is the block diagram showing an example of the RF processor which carried out 2 parallel connection of the internal straight-line antenna.

[0057] It is mutually arranged at vertical relation so that two internal straight-line antennas 16 and 17 may cross the plasma production chamber 1 in the plasma production chamber 1.

[0058] While the end by which parallel connection of these interior straight-line antennas 16 and 17 was carried out, and common connection of these interior straight-line antennas 16 and 17 was made is connected to RF generator 13 through the adjustment machine 12, the other end by which common connection was made similarly is grounded.

[0059] these interior straight-line antennas 16 and 17 are formed by aluminum, the same for example, conductive ingredient, for example, the copper, of the above-mentioned internal straight-line antenna 9, -- having -- and the antenna of a copper pipe -- it is what performed pre-insulation by the insulating material, for example, a quartz pipe with a diameter of 15mm, about the periphery of a conductor. the antenna of this copper pipe -- a conductor is formed in the diameter of 6mm, and a refrigerant flows to that inside, and the temperature rise of two antennas 14 and 15 is prevented.

[0060] in addition, these interior straight-line antennas 16 and 17 -- an antenna -- the \*\* which does not perform pre-insulation to the periphery of a conductor -- an antenna -- the metal of a conductor -- it is good also as pure.

[0061] Next, an operation of the constituted equipment is explained like the above.

[0062] In the equipment shown in drawing 1 , if the high frequency current flows from RF generator 13 through the adjustment machine 12 to the internal straight-line antenna 9 of the shape of a straight line arranged inside the plasma production chamber 1, induction field will occur around the internal straight-line antenna 9, and this induction field will be added to process gas, such as reactant gas for etching in the plasma production chamber 1, and material gas for CVD.

[0063] Plasma P is generated by this and processing of etching to the processed object 6 or thin film formation is performed.

[0064] In the equipment shown in drawing 3 , if the high frequency current flows from RF generator 13 through the adjustment machine 12 to two internal straight-line antennas 14 and 15 with which series connection of the plasma production chamber 1 interior was carried out, induction field will occur around these interior straight-line antennas 14 and 15, and this induction field will be added to process gas, such as

reactant gas for etching in the plasma production chamber 1, and material gas for CVD.

[0065] Plasma P is generated by this and processing of etching to the processed object 6 or thin film formation is performed.

[0066] In the equipment shown in drawing 4, if the high frequency current flows from RF generator 13 through the adjustment machine 12 to two internal straight-line antennas 16 and 17 with which parallel connection of the plasma production chamber 1 interior was carried out, induction field will occur around these interior straight-line antennas 16 and 17, and this induction field will be added to process gas, such as reactant gas for etching in the plasma production chamber 1, and material gas for CVD.

[0067] Plasma P is generated by this and processing of etching to the processed object 6 or thin film formation is performed.

[0068] Power transmission efficiency  $\eta$  from an antenna when the above-mentioned internal antenna system generates Plasma P here to the plasma  $\eta$  measured.

[0069] This power transmission efficiency  $\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}}$  -- (1) It asked. Here, it is the high frequency current to which  $P_{in}$  flows to the output power of RF generator 13 of the generate time of Plasma P, and  $P_{out}$  flows to the internal straight-line antennas 9, 14, and 15, or 16 and 17.

[0070] Moreover,  $R_a$  It is the internal straight-line antennas 9, 14, and 15 or 16 or 17 resistance, and high-frequency power is supplied to each above-mentioned internal straight-line antennas 9, 14, and 15, or 16 and 17, without introducing gas 2 in the plasma production chamber 1, and it is considering as the value which did the division of the RF output power at the time of not making Plasma P generate by the square of a current which flows to the internal straight-line antennas 9, 14, and 15 at that time, or 16 and 17.

[0071] This power transmission efficiency  $\eta$  By asking, it can estimate what percent of the RF power outputs at the time of plasma production is consumed by plasma production.

[0072] This power transmission efficiency  $\eta$  Plasma production conditions were set to oxygen gas flow rate =100sccm pressure =10Pa high-frequency power =20-800W using the equipment which has arranged one internal straight-line antenna 9 shown in above-mentioned drawing 1 in the experiment to measure.

[0073] Drawing 5 is the power transmission efficiency  $\eta$ . It is drawing showing the dependency of the high-frequency power to switch on.

[0074] This drawing is shown also about the result of the RF processor of the inductive-coupling mold of external antenna system as a comparison of the equipment which has arranged one internal straight-line antenna 9. In addition, the internal straight-line antenna 9 is covered with the quartz pipe 11 in order to prevent carrying out sputtering of the metal which affects a process.

[0075] Drawing 6 shows the block diagram of the RF processor of the external antenna system made applicable [ this ] to a comparison.

[0076] While the gas installation tubing 19a and 19b for the plasma production chamber 18 to supply gas 2, such as rare gas, such as process gas, such as reactant gas for etching and material gas for CVD, and Ar, to the upper part is connected, the exhaust pipe 20 is connected to the lower part.

[0077] Although not illustrated in this exhaust pipe 20, an exhaust air pump is connected to it through a pressure regulating valve, and the inside of the plasma production chamber 18 is maintained at the desired pressure by actuation of this exhaust air pump.

[0078] Moreover, in the plasma production chamber 18, the substrate stage 21 is formed and the workpiece 22 by which etching or CVD processing is performed on this substrate stage 21 is laid.

[0079] Furthermore, the quartz aperture 23 is formed in the upper part of the plasma production chamber 18, and the loop antenna 24 is formed on this quartz aperture 23.

[0080] This loop antenna 24 is what carried out one copper pipe, RF generator 26 is connected to that end through the adjustment machine 25, and the other end is grounded.

[0081] If the high frequency current flows from RF generator 26 through the adjustment machine 25 to a loop antenna 24 with such a configuration, induction field will occur around this loop antenna 24, and this induction field will be added to process gas, such as reactant gas for etching in the plasma production chamber 1, and material gas for CVD, through the quartz aperture 23. Plasma P is generated by this and processing of etching to the processed object 22 or thin film formation is performed.

[0082] However, power transmission efficiency  $\eta$  of the equipment of one internal straight-line antenna 9 and the equipment of external antenna system which are shown in above-mentioned drawing 5 The equipment using the internal straight-line antenna 9 is compared with the equipment of external antenna system from a measurement result, and it is the power transmission efficiency  $\eta$ . It is high and it turns out that it is satisfactory about plasma production.

[0083] Although the flux density in the part which generates induction field is considered to become small



compared with a loop antenna 24, since the internal straight-line antenna 9 is close with Plasma P and comparatively strong electric field are guided into the plasma with the internal straight-line antenna 9, this result is considered for many of magnetic flux generated according to the high frequency current contributing effective in generating of induction field.

[0084] Next, power transmission efficiency ps when using two internal straight-line antennas A measurement result is explained.

[0085] Drawing 7 is the power transmission efficiency ps of a total of four kinds of equipments of the equipment of each equipment which shows an internal straight-line antenna to above-mentioned drawing 1, drawing 3, and drawing 4 which have been arranged in the process generation chamber 1, and the external antenna system further shown in above-mentioned drawing 6. The measurement result is shown. In addition, each antenna of an internal straight line and the exterior shall be covered with the quartz pipe 11.

[0086] It is not concerned with the connection method of each antenna in the field in which the high-frequency power switched on as shown in this drawing exceeds 500W, but is the power transmission efficiency ps. It is thought that it is high and has become discharge of an inductive-coupling mold.

[0087] It sets to this field and is the power transmission efficiency ps. Intermediary \*\*\*\* [ in the case where the case where became almost the same by the case where 2 series connection is carried out to the case where 1 series connection of the internal straight-line antenna is carried out into the process generation chamber 1, and 2 parallel connection of the internal straight-line antenna is carried out, and an external antenna are used ] almost identically.

[0088] Thus, it is not concerned with the number or connection method of an internal straight-line antenna, but it compares with external antenna system in internal antenna system, and is the power transmission efficiency ps. Since it is large, it is thought [ comparable or ] that a plasma consistency also becomes comparable or more than it.

[0089] Thereby, two or more internal straight-line antennas are arranged in the plasma production chamber 1, and plasma production of a uniform consistency can be performed with the diameter of macrostomia by rationalizing arrangement of these interior straight-line antenna.

[0090] Next, the measurement result at the time of being covered with the quartz pipe 11 as an internal straight-line antenna shows drawing 2 is explained.

[0091] As a result of measuring the electron density of Ar plasma in the equipment using one internal straight-line antenna 9 shown in above-mentioned drawing 1, the electron density was set to  $2 \times 10^{11} \text{ cm}^{-3}$ , and it was checked that plasma production high-density enough is possible.

[0092] moreover, the internal straight-line antenna 9 is shown in drawing 2 -- as -- an antenna -- the case where the perimeter of a conductor 10 is covered with the quartz pipe 11, and an antenna -- the metal of a conductor 10 -- the impurity produced by SUPARRINGU of the internal straight-line antenna 9 was investigated by experiment about the case of being pure.

[0093] This experiment approach generated for example, Ar plasma with the equipment shown in above-mentioned drawing 1, laid the semi-conductor wafer which formed poly-Si and Cu as a processed object 6 on the substrate stage 5, and took the approach of carrying out elemental analysis of the existence of an atom and a molecule by which sputtering was carried out on this semi-conductor wafer by XPS (X-ray induction photoelectron spectroscopy).

[0094] Drawing 8 is drawing showing the experimental result of the impurity produced by SUPARRINGU of the internal straight-line antenna 9. When not covering in the quartz pipe 11, it turns out that aluminum was detected on the semi-conductor wafer, sputtering of the aluminum of the internal straight-line antenna 9 was carried out, and it has accumulated on poly-Si. Since poly-Si is not detected, if the detection depth of XPS is considered, it will be thought that at least 50A or more is deposited.

[0095] On the other hand, when it covers in the quartz pipe 11, Si is not detected, and since it is the same elementary composition as an unsettled semi-conductor wafer, sputtering of the quartz pipe 11 is considered to be controlled by extent which does not affect a process.

[0096] thus, the quartz pipe 11 -- an antenna -- a conductor 10 -- a wrap -- generating of the impurity generated by sputtering which has a bad influence on a process by things, maintaining Plasma P at a high plasma consistency equivalent to external antenna system can be prevented.

[0097] Thus, in the gestalt of implementation of the above 1st, since antenna structure was made into the shape of a straight line, this antenna of each other was connected to 1, a two or more serial, or juxtaposition and it has arranged inside the plasma production chamber 1, the antenna arranged in the plasma production chamber 1 is made into the simple structure which was easy to produce and was excellent in maintenance nature, such as exchange, and the antenna of a parenthesis can generate high-density BURAZUMA P in the

plasma production chamber 1.

[0098] Moreover, when generating the plasma with a uniform consistency with the diameter of macrostomia, two or more internal straight-line antennas can be realized by rationalizing mutually a serial or the combination which carries out parallel connection so that a plasma consistency may become homogeneity.

[0099] furthermore, an antenna -- the metal impurity which generates a conductor 10 by sputtering of an antenna with the insulating material of quartz pipe 11 grade at that of a wrap can be controlled. (2) Explain the gestalt of operation of the 2nd of this invention with reference to a drawing hereafter. In addition, the same sign is given to the same part as above-mentioned drawing 1 , drawing 3 , and drawing 4 , and the detailed explanation is omitted.

[0100] Drawing 9 is the block diagram of the RF processor which applied the high-frequency-discharge approach of this invention.

[0101] RF generator 13 is connected to the end of the internal straight-line antenna 9 through the adjustment machine 12, and the other end is grounded through the suspension capacitor 30.

[0102] This suspension capacitor 30 is variable capacity, and is that capacity Cf. It is made to change, the high-frequency-voltage distribution on the internal straight-line antenna 9 is changed, and it has the operation which controls electrostatic association with this internal straight-line antenna 9 and Plasma P.

[0103] Namely, drawing 10 (a) The electrical potential difference of an A point [ as opposed to / if the suspension capacitor 30 is not connected to the internal straight-line antenna 9 so that it may be shown / touch-down ] is this drawing (b). It is set to 0V so that it may be shown, and between an A point and a B point, it is this drawing (c). The voltage waveform corresponding to the electrical potential difference of RF generator 13 appears so that it may be shown. As shown in this drawing (d), even if this wave is attached at the B point to touch-down, it is the same.

[0104] On the other hand, drawing 11 (a) If the suspension capacitor 30 is connected to the internal straight-line antenna 9 so that it may be shown, the electrical potential difference which has one 1/2 time the amplitude of this by the voltage drop of this suspension capacitor 30 by the electrical-potential-difference phase { drawing 4 (c) } and opposite phase between an A point and a B point as shown in this drawing (b) will appear at an A point.

[0105] Therefore, the electrical potential difference of touch-down to a B point is the electrical potential difference and this drawing (c) of an opposite phase by the suspension capacitor 30 shown in this drawing (b). It becomes the wave which the electrical potential difference during the A point and B point which are shown overlapped, and is this drawing (d). It becomes the electrical potential difference which became small [ maximum as shown ].

[0106] Therefore, capacity Cf of the suspension capacitor 30 By making it change, the distribution of voltage on the internal antenna 9 is changed, and the electrical potential difference of the point of the arbitration on the internal straight-line antenna 9, for example, the midpoint of an A point and a B point, can be controlled to 0V. And compared with the case where there is no suspension capacitor at this time, from touch-down to a B point serves as half about high-frequency voltage, and electrostatic association can be controlled sharply.

[0107] Next, the modification of arrangement of the antenna in the gestalt of implementation of the above 2nd is explained with reference to drawing 12 and drawing 13 . In addition, the workpiece 6 which gives the same sign to the same part as drawing 9 , and omits that detailed explanation, and is laid the substrate stage 5 and on this substrate stage 5 is also omitted.

[0108] Drawing 12 is the block diagram of the RF processor which carried out 2 series connection of the internal straight-line antennas 14 and 15.

[0109] While an intercondenser 31 is connected between two internal straight-line antennas 14 and 15, the suspension capacitor 30 is connected between the internal straight-line antenna 15 and touch-down. Electrostatic association with each internal straight-line antennas 14 and 15 and Plasma P is controlled like [ this intercondenser 31 ] the suspension capacitor 30.

[0110] That is, these suspension capacitor 30 and an intercondenser 31 are variable capacity, respectively, and are each of that capacity Ci and Cf. It is made to change, respectively, the high-frequency-voltage distribution on each internal straight-line antenna 14 and 15 is changed, and it has the operation which controls electrostatic association with these interior straight-line antennas 14 and 15 and Plasma P.

[0111] Drawing 13 is the block diagram of the RF processor which carried out 2 parallel connection of the internal straight-line antennas 16 and 17.

[0112] RF generator 13 is connected to the end of these interior straight-line antennas 16 and 17 through the

adjustment machine 12, and the other end is grounded through the suspension capacitor 32.

[0113] This suspension capacitor 32 is variable capacity, and is each of that capacity  $C_g$ . It is made to change, the high-frequency-voltage distribution on each internal straight-line antenna 16 and 17 is changed, and it has the operation which controls electrostatic association with these interior straight-line antennas 16 and 17 and Plasma P.

[0114] Next, an operation of the constituted equipment is explained like the above.

[0115] In the equipment shown in drawing 9, if the high frequency current flows from RF generator 13 at the internal straight-line antenna 9 arranged inside the plasma production chamber 1, induction field will occur around the internal straight-line antenna 9, and this induction field will be added to process gas, such as reactant gas for etching in the plasma production chamber 1, and material gas for CVD.

[0116] Plasma P is generated by this and processing of etching to the processed object 6 or thin film formation is performed.

[0117] At this time, the suspension capacitor 30 is that capacity  $C_f$ . It is adjusted, the high-frequency-voltage distribution on the internal straight-line antenna 9 is changed, and electrostatic association with this internal straight-line antenna 9 and Plasma P is controlled.

[0118] In the equipment shown in drawing 12, if the high frequency current is passed by two internal straight-line antennas 14 and 15 from RF generator 13 at a serial, induction field will occur around these interior straight-line antennas 14 and 15, and this induction field will be added to process gas, such as reactant gas for etching in the plasma production chamber 1, and material gas for CVD.

[0119] Plasma P is generated by this and processing of etching to the processed object 6 or thin film formation is performed.

[0120] At this time, the suspension capacitor 30 and an intercondenser 31 are that capacity  $C_f$  and  $C_i$ . It is adjusted, the high-frequency-voltage distribution on the internal straight-line antenna 14 and 15 is changed, and electrostatic association with these interior straight-line antennas 14 and 15 and Plasma P is controlled.

[0121] In the equipment shown in drawing 13, if the high frequency current flows from RF generator 13 at juxtaposition at two internal straight-line antennas 16 and 17 arranged inside the plasma production chamber 1, induction field will occur around these interior straight-line antennas 16 and 17, and this induction field will be added to process gas, such as reactant gas for etching in the plasma production chamber 1, and material gas for CVD.

[0122] Plasma P is generated by this and processing of etching to the processed object 6 or thin film formation is performed.

[0123] At this time, the suspension capacitor 32 is that capacity  $C_g$ . It is adjusted, the high-frequency-voltage distribution on the internal straight-line antenna 16 and 17 is changed, and electrostatic association with these interior straight-line antennas 16 and 17 and Plasma P is controlled.

[0124] Next, the experimental result about the effectiveness of a suspension capacitor and an intercondenser is explained.

[0125] This experiment carries out the series connection of the two internal straight-line antennas, and measures change of the antenna voltage distribution by the number and location of the floating capacitor linked to a serial etc.

[0126] Drawing 14 is the block diagram of the RF processor used for this experiment.

[0127] The plasma production chamber 40 is formed for example, in a circle configuration, and gas 2, such as rare gas, such as process gas, such as reactant gas for etching and material gas for CVD, and Ar, is supplied to the interior from the upper part.

[0128] Moreover, the exhaust pipe 41 is connected to the lower part of the plasma production chamber 40. Although not illustrated in this exhaust pipe 41, an exhaust air pump is connected to it through a pressure regulating valve, and the inside of the plasma production chamber 1 is maintained at the desired pressure by actuation of this exhaust air pump.

[0129] Moreover, in the plasma production chamber 40, the substrate stage 42 is formed and the workpiece 43 by which etching or CVD processing is performed on this substrate stage 42 is laid.

[0130] Moreover, the quartz aperture 44 is formed in the upper part of the plasma production chamber 40.

[0131] Furthermore, into the plasma production chamber 40, two internal straight-line antennas 45 and 46 cross the plasma production chamber 40, and series connection is carried out, and it is mutually arranged in the vertical direction.

[0132] the antenna with which these interior straight-line antennas 45 and 46 are formed from a copper pipe with a diameter of 6mm -- the configuration which covered the conductor in the quartz pipe with a diameter of 15mm -- it is -- an antenna -- the refrigerant flowed inside the conductor 10 and the temperature rise of

the internal straight-line antennas 45 and 46 is prevented.

[0133] Among these, RF generator 48 is connected to the end of the internal straight-line antenna 45 through MATCHA 47 dedicated to the case of a conductor.

[0134] MATCHA 47 consists of each capacitors 49 and 50 of the variable capacity which determines that capacity can take matching.

[0135] Moreover, between two internal straight-line antennas 45 and 46, it is an intercondenser  $C_i$ . While connecting, in the other end of the internal straight-line antenna 46, it is the suspension capacitor  $C_f$ . It connects.

[0136] It has each following measuring device to such equipment.

[0137] The RF probe 51 was formed between the internal straight-line antenna 45 and MATCHA 47, and Current  $I$  and the electrical potential difference  $V$  are measured by this RF probe 51.

[0138] Moreover, the internal straight-line antenna 45 and an intercondenser  $C_i$  In between, an oscilloscope 52 is connected for an input:output through the high-voltage probe of 10000:1, and it is high-frequency voltage  $V_i$  by this oscilloscope 52. It is measured.

[0139] On the other hand, the probe (light sensing portion) 54 of the emission spectrometry measuring instrument 53 has been arranged above the quartz aperture 44, and the luminescence reinforcement of Ar or O is measured by this emission spectrometry measuring instrument 53.

[0140] Moreover, CCD camera 55 is arranged in the plasma production chamber 40, and the picture signal outputted from this CCD camera 55 is sent to a television monitor 56.

[0141] This CCD camera 55 picturizes the sheath produced near [ each ] the periphery of two internal straight-line antennas 45 and 46, and is outputting that picture signal.

[0142] As for this sheath, near the periphery of each internal straight-line antennas 45 and 46, since there are few electronic collision reactions, luminescence reinforcement has become very small.

[0143] In the field of this sheath, if the thickness of a sheath is large, the ion which has high energy in each internal straight-line antennas 45 and 46 by electric field becoming strong will carry out incidence, sputtering occurs, if the thickness of a sheath is conversely small, electric field will become strong, and ion with the low energy to each internal straight-line antennas 45 and 46 carries out incidence.

[0144] Therefore, if the thickness of a sheath becomes small, since the ion of low energy will carry out incidence to each internal straight-line antennas 45 and 46, the impurity from each internal straight-line antennas 45 and 46 does not adhere to the processed object 43.

[0145] Next, the measurement result of the suspension capacitor and intercondenser using each above measuring device is explained.

[0146] Drawing 15 shows the measurement result of the high-frequency voltage  $V_i$  when generating Ar plasma in the plasma production chamber 40, and changing the power of Ar plasma about 40W, 100W, 200W, and 400W, an electrical potential difference  $V$ , Current  $I$ , and luminescence reinforcement.

[0147] Here, this measurement result is the suspension capacitor  $C_f$  and an intercondenser  $C_i$ , as shown in drawing 16. It divided into each types a, b, and c into which the combination of each capacity was changed, and measured.

[0148] In addition, Type c is the suspension capacitor  $C_f$ . Intercondenser  $C_i$  The whole of each capacity is zero, it is equipment conventionally, and is shown for the comparison with this invention equipment.

[0149] Moreover, drawing 17 is the high-frequency voltage  $V_i$  in each types a, b, and c. And the amplitude of the high-frequency voltage to the RF output about an electrical potential difference  $V$  is shown.

[0150] Furthermore, drawing 18 shows each luminescence reinforcement to each types a, b, and c. As shown in this drawing, it is Type b  $C_f$ , i.e., a suspension capacitor. 350pF and intercondenser  $C_i$  Zero and additional capacitor calcium Luminescence reinforcement is the highest when it is made 150pF.

[0151] This luminescence reinforcement corresponds mostly with plasma electron density, and if that reinforcement is high, it shows that plasma electron density is high.

[0152] Therefore, if it is the above-mentioned experimental result, even if Type b compares with equipment (Type c) conventionally, it is shown that plasma electron density is the highest.

[0153] On the other hand, drawing 19 is O<sub>2</sub> in the plasma production chamber 40. The plasma is generated and it is O<sub>2</sub>. When the power of the plasma is changed about 40W, 100W, 200W, 400W, and 600W, the measurement result of the sheath thickness obtained by the image pick-up of CCD camera 55 is shown, and drawing 20 shows the graph-ized drawing.

[0154] the part from these Figs., or the thing to which a RF output becomes large like and which it is alike, and it follows and sheath thickness becomes thin -- understanding -- among these -- also coming out -- since the sheath thickness of Types a and b is thin, the amount of spatters from an internal straight-line antenna is

controlled, and the impurity in etching or CVD is pressed down.

[0155] Moreover, it is the suspension capacitor Cf to two internal straight-line antennas as measurement of sheath thickness. And intercondenser Ci It carried out also about the case where it does not connect with the case where it connects.

[0156] Drawing 21 is the outline block diagram of a circuit used for this sheath thickness measurement, and this drawing (a) is the suspension capacitor Cf. And intercondenser Ci When both not connecting and this drawing (b) does not connect only the suspension capacitor Cf (for example, 350pF), it is this drawing (c). It is the case where both the suspension capacitor Cf and the intercondenser Ci (for example, 350pF) are connected.

[0157] It sets to the measuring circuit of such sheath thickness, and is this drawing (a). In the shown circuit, sheath thickness becomes 9.5mm, and it is this drawing (b). In the shown circuit, sheath thickness becomes 4.1mm, and it is this drawing (c). In the shown circuit, sheath thickness becomes 1.2mm.

[0158] Therefore, suspension capacitor Cf And intercondenser Ci If it connects, sheath thickness will become thin and the impurity in etching or CVD will be pressed down like the above.

[0159] Thus, it sets in the gestalt of implementation of the above 2nd. The suspension capacitor 30 and an intercondenser 31 are connected to each \*\*, such as 7 between the internal straight-line antenna 9 and touch-down, and two or more internal straight-line antennas 14 and 15. Capacity C<SUB>f of these suspension capacitor 30 or an intercondenser 31, Ci Since it is made to change, the high-frequency-voltage distribution on the internal straight-line antenna 9 etc. is changed and electrostatic association with this internal straight-line antenna 9 etc. and Plasma P was controlled In order to reconcile stabilization of plasma P discharge, and control of the spatter by the internal straight-line antenna 9 etc., electrostatic association with the internal straight-line antenna 9 etc. and Plasma P is controllable the optimal.

[0160] It is controlled that ion is therefore accelerated by the negative direct-current self-bias electrical potential difference, for example, the spatter of the ingredient of an antenna is carried out to the wall and the processed object 6 of the plasma production chamber 1 by this, it can carry out reinforcement of the high frequency plasma equipment, and having a bad influence on processes, such as etching and CVD, is lost.

[0161] In addition, the antenna arranged in the same effectiveness 1 as the gestalt of implementation of the above 1st, i.e., a plasma production chamber, is made into the simple structure which was easy to produce and was excellent in maintenance nature, such as exchange, and the antenna of a parenthesis can generate high-density BURAZUMA P in the plasma production chamber 1.

[0162] Moreover, when generating the plasma with a uniform consistency with the diameter of macrostomia, two or more internal straight-line antennas can be realized by rationalizing a serial or the combination which carried out parallel connection so that a plasma consistency may become homogeneity.

[0163] furthermore, an antenna -- the impurity which generates a conductor 10 by sputtering of an antenna with the insulating material of quartz pipe 11 grade at that of a wrap can be controlled.

[0164] In addition, this invention is not limited to the gestalt of the above 1st and the 2nd implementation, and may carry out various deformation.

[0165] For example, the number or connection method of an internal straight-line antenna are not limited to the gestalt of the above 1st and the 2nd implementation, but corresponding to a process, two or more internal straight-line antennas of each other may be considered as a serial or/and juxtaposition, the location of the arrangement may be made mutual in the vertical direction, or they may be changed suitably.

(3) Explain the gestalt of operation of the 3rd of this invention with reference to a drawing hereafter. In addition, also in the gestalt of this operation, the same sign is given to the same part and the detailed explanation is omitted.

[0166] It is the same as that of the configuration of the high frequency processor stated with the gestalt of the 1st operation of a \*\*\*\*, or the gestalt of the 2nd operation in the point established so that the internal straight-line antenna 62 might be made to insert in the plasma production chamber 61 of the high frequency processor 60 shown in drawing 22 with the gestalt of this operation.

[0167] Moreover, the configuration which covered in the quartz pipe 63 which makes dielectrics, such as a quartz, the quality of the material for the internal straight-line antenna 62 is the same as the configuration which stated with the gestalt of above-mentioned operation. In addition, the configuration of this quartz pipe 63 is also formed in the shape of a cylindrical shape as well as the gestalt of above-mentioned operation.

[0168] However, with the gestalt of this operation, to the centrum 64 which consists in the interior of this quartz pipe 63, eccentricity of the internal straight-line antenna 62 was carried out, and it is arranged. He considers as the condition of having put the internal straight-line antenna 62 on the interior of the centrum 64 formed in the sufficiently big path, and is trying for this internal straight-line antenna 62 to specifically

contact the internal surface of the quartz pipe 63 as compared with the internal straight-line antenna 62, as shown in drawing 23.

[0169] It becomes the configuration that the internal straight-line antenna 62 carries out eccentricity to the processed object 6 side, and is arranged by it.

[0170] In order to realize such off-center arrangement, the antenna holddown member 65 as shown in the edge side at drawing 24 is attached in the quartz pipe 63 inserted in the upper part side of the chamber 61 of the above-mentioned high frequency processor 60. As shown in drawing 24, that outer diameter attaches this antenna holddown member 65 in the centrum 64 of the above-mentioned quartz pipe 63, and it is formed in fixable magnitude.

[0171] Here, it is formed in magnitude with possible that quality of the material consisting of rubber, and the outer diameter of the antenna holddown member 65 carrying out elastic deformation of this to the open end of the above-mentioned quartz pipe 63, and inserting this antenna holddown member 65 in it.

[0172] In addition, the internal straight-line antenna 62 may be arranged so that the internal surface by the side of the processed object 6 of a centrum 64 may not be made to contact but it may estrange also besides being arranged in the condition of having placed so that the internal surface of a centrum 64 might be contacted without forming the antenna holddown member 65. However, to arrange the internal straight-line antenna 62 off center is needed for the processed object 6 side even in this case.

[0173] The operation effectiveness of the RF processor 60 of having the above configurations is explained below.

[0174] If RF generator 13 operates and the high frequency current flows through the adjustment machine 12 from here, induction field will occur around the internal straight-line antenna 62, and this induction field will be added to process gas, such as reactant gas for etching of the plasma production chamber 61 interior, and material gas for CVD.

[0175] Plasma P is generated by it and processing of etching, thin film formation, etc. to the processed object 6 is performed.

[0176] In this case, rather than the configuration stated with the gestalt of the 1st operation of a \*\*\*\* in the quartz pipe 63 interior, eccentricity is carried out and the above-mentioned internal straight-line antenna 62 is arranged so that the processed object 6 side may be approached. For this reason, the front face (processed object 6 side) of the quartz-glass 63 bottom can be made to generate strong electric field compared with the case where carry out eccentricity and it does not arrange.

[0177] Moreover, contrary to this, the front face (the part and the opposite side in which the processed object 6 is formed) of a quartz-glass 63 top is prepared so that the distance from the internal straight-line antenna 62 may become far, and by this part, generating of electric field becomes weak.

[0178] For this reason, it becomes possible to control generating of the useless plasma P etc. by the part which is unrelated to the plasma treatment of the processed object 6 etc. That is, it becomes possible to control so that density distribution of Plasma P may be made into high density only in the part which processes the processed object 6. It enables it to aim at efficient use of the high frequency current.

[0179] Moreover, control of the spatter produced in the internal surface of such a part is attained by suppressing generating of the plasma P in the part which is unrelated to plasma treatment etc. in addition to efficient use of such high frequency current. By it, it contributes also to the reinforcement of the RF processor 60.

[0180] Here, the concrete experimental result at the time of adopting an above-mentioned configuration is shown below based on drawing 25. In this experiment, the internal straight-line antenna 62 is arranged to the plasma production chamber 61 with a diameter of 40cm at 4 parallel. This internal straight-line antenna 62 is a copper pipe with a diameter of 6mm, and is the configuration that this was inserted in the quartz pipe 27.

[0181] The diameter of the quartz pipe 27 is prepared in 25mm, and it is installing the internal straight-line antenna 62 so that this quartz pipe 27 bottom may be contacted. The internal straight-line antenna 62 is formed in the condition of having carried out eccentricity inside the quartz pipe 27 by it.

[0182] Moreover, the substrate stage 5 for 8 inch wafers is established in the location of 100mm the lower part side of the quartz pipe 27, and processing by the plasma of a thin film is enabled.

[0183] The graph when conducting the comparative experiments of the ashing rate of a resist using such a high frequency processor 60 is shown below. The discharge conditions in this case are O2. They are /CF4=680/120sccm, 100mtorr, and 1kW.

[0184] When it experiments under such conditions and the internal straight-line antenna 62 and the quartz pipe 27 make it this alignment, the ashing rate serves as an average of 1.04 micrometer/min. However, the

ashing rate rose even to an average of 1.04 micrometer/min by carrying out eccentricity. That is, it is going up about 10%.

[0185] By carrying out eccentricity, when the density distribution of shaft orientations changed, this result is produced, so that the density distribution of Plasma P may be raised in the lower part of the internal straight-line antenna 61.

[0186] The result that improvement in an ashing rate was able to be aimed at was obtained also from the above result, and the usefulness of invention concerning the gestalt of this operation was proved.

[0187] As mentioned above, although the gestalt of operation of the 3rd of this invention was explained, this invention is variously deformable besides this. Hereafter, these modifications are explained.

[0188] Drawing 26 deforms the configuration of the quartz pipe 70, and serves as the crevice 71 where the central part in the die-length direction of the quartz pipe 70 was dented. By it, in the central part of the quartz pipe 70, spacing between the internal straight-line antenna 62 and the quartz pipe 70 becomes narrow, strong electric field are produced in the central part of the front face of the quartz pipe 70 by this, and control which makes high the plasma consistency in this central part can be performed.

[0189] Moreover, with the configuration shown in drawing 27, the quartz pipe 72 is formed only in a part for the both ends of the internal straight-line antenna 62. This quartz pipe 72 is formed for example, in the drill configuration, and is considered as the respectively separate configuration independently attached in the internal straight-line antenna 62.

[0190] Also with such a quartz pipe 72 of a configuration, generating of the plasma P in the plasma production chamber 61 neighborhood is controlled, and the internal surface of this plasma production chamber 61 is enabling prevention of a spatter etc. being carried out. That is, it is the configuration that control to which the plasma consistency near the wall of the plasma production chamber 61 becomes low can be performed.

[0191] Moreover, in the configuration shown in drawing 28, the central part of the plasma production chamber 61 of the internal straight-line antenna 62 is considered as the wrap configuration in the quartz pipe 73. By considering as such a configuration, it becomes possible to stop the plasma consistency in the central part of the plasma production chamber 61, and it becomes possible to perform control which equalizes a plasma consistency in the plasma production chamber 61 interior by it.

[0192] Furthermore, with the configuration shown in drawing 29, the path of the quartz pipe 74 is changed partially. For example, as shown in this drawing, it becomes possible to change the plasma consistency by the side of the quartz pipe 74 lower part by change of this path to making large the path of the quartz pipe 74 of the central part of the internal straight-line antenna 62. Therefore, if the path of the quartz pipe 74 is changed in a desired location, in connection with it, it will become controllable suitably about the plasma consistency in the plasma production chamber 61 interior.

[0193] Moreover, it is the configuration of having bent the internal straight-line antenna 62 in the quartz pipe 27 interior which has a fixed size with the configuration shown in drawing 30 (a) and (b). By adjusting the bending configuration of the internal straight-line antenna 62 in this quartz pipe 27 interior, it becomes possible to control the plasma consistency in the plasma production chamber 61 interior. In addition, the configuration of the internal straight-line antenna 62 shown in drawing 30 (a) and (b) is typical, in addition various configurations are assumed by how a plasma consistency is formed. For example, if the internal straight-line antenna 62 is made to turn and transform into the processed object 6 side in the central part of the plasma production chamber 61 interior as shown in drawing 30 (b), it will become possible to make high the plasma consistency by the side of the processed object 6 of the part made to deform towards the internal straight-line antenna 62.

[0194] As mentioned above, although the gestalt of the 1st thru/or the 3rd operation was explained about this invention, this invention is variously deformable besides this, for example, it makes it possible to generate the more efficient and uniform plasma by arranging the internal straight-line antenna 62 in the shape of Igata.

[0195] Moreover, although the above-mentioned explanation attached and described to high frequency processors, such as etching (ashing), CVD, etc. which used high frequency, the high-frequency-discharge equipment used as the source which makes the plasma state in a container etc. can also be offered.

[0196] In addition, in the range which does not change the summary of this invention, it is variously deformable.

[0197]

[Effect of the Invention] As a full account was given above, according to this invention, the high-frequency-discharge approach as for which the antenna arranged in a container is made to simple structure, and its

equipment can be offered.

[0198] Moreover, according to this invention, the RF processor which simplifies structure of the antenna arranged in a vacuum housing, and can perform RF processing can be offered.

---

[Translation done.]



## \* NOTICES \*

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

## DRAWINGS

[Drawing 8]

表面元素組成比 [%]

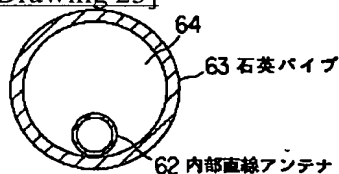
アンテナ	基板	Al	Cu	Si	C
Alむき出し	poly-Si	36.2	—	—	12.9
Cu直線+石英カバー	Cu	—	46.1	—	—

[Drawing 16]

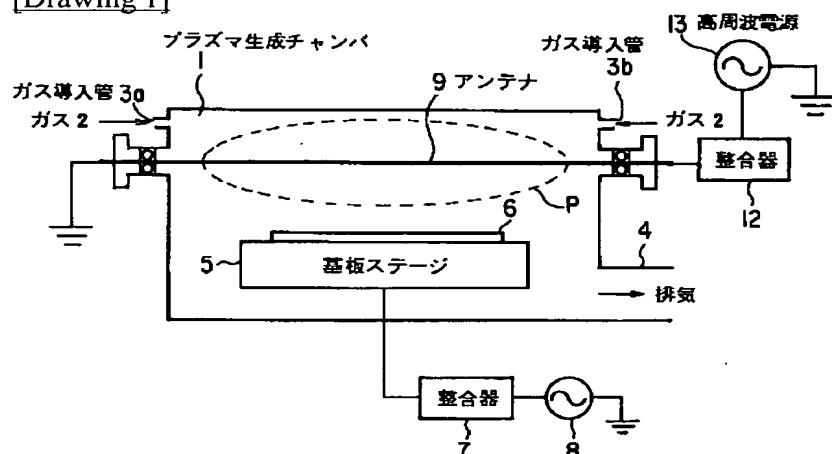
各タイプでのコンデンサ容量

タイプ	Cf	Cl
a	0	350pF
b	350pF	0
c	0	0

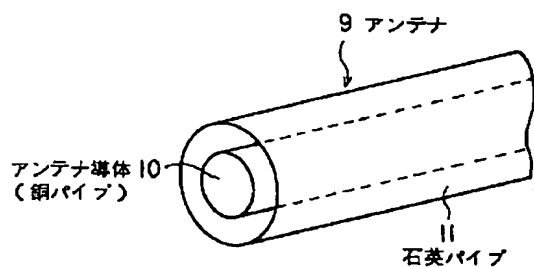
[Drawing 23]



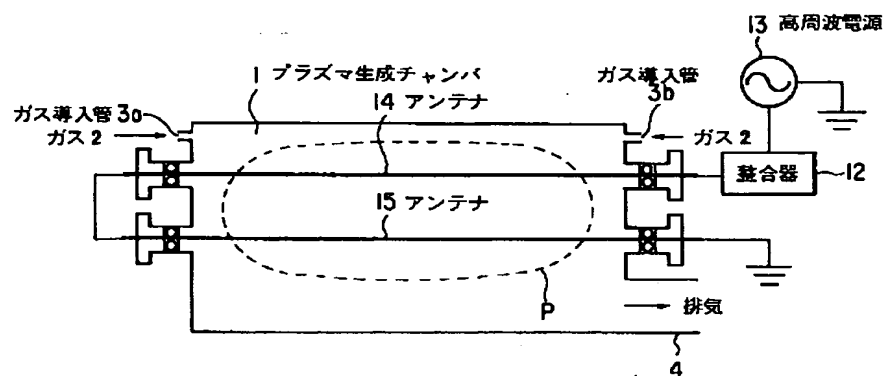
[Drawing 1]



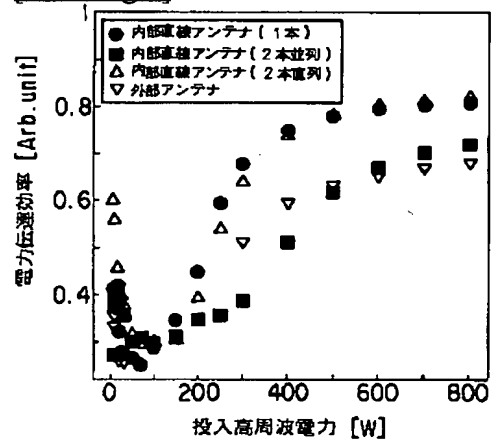
[Drawing 2]



[Drawing 3]



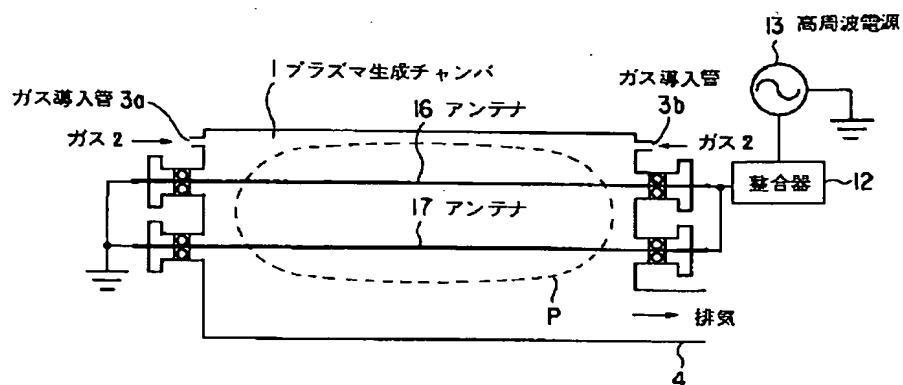
[Drawing 7]



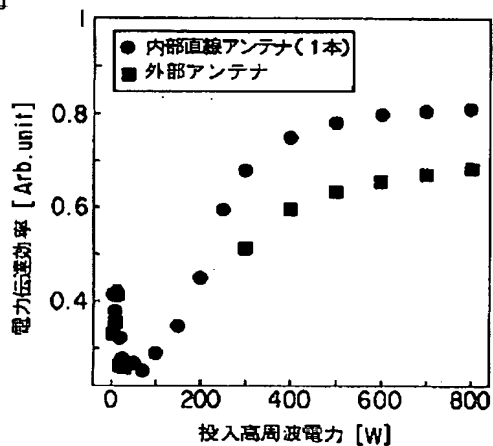
[Drawing 15]

タイプ	Ar プラズマ			
	40W	100W	200W	400W
Vi [V]	a 45	40	34	28
	b 41	36	31	4
	c 261	313	412	560
V [V]	a 150	170	207	260
	b 149	173	214	275
	c 289	345	455	617
I [A]	a 3.8	5.0	7.0	10.2
	b 3.8	5.2	7.4	10.5
	c 3.3	4.2	6.0	8.7
発光強度 [a.u.]	a 0.005	0.110	0.220	1.100
	b 0.009	0.360	0.740	1.150
	c 0.039	0.100	0.240	0.890

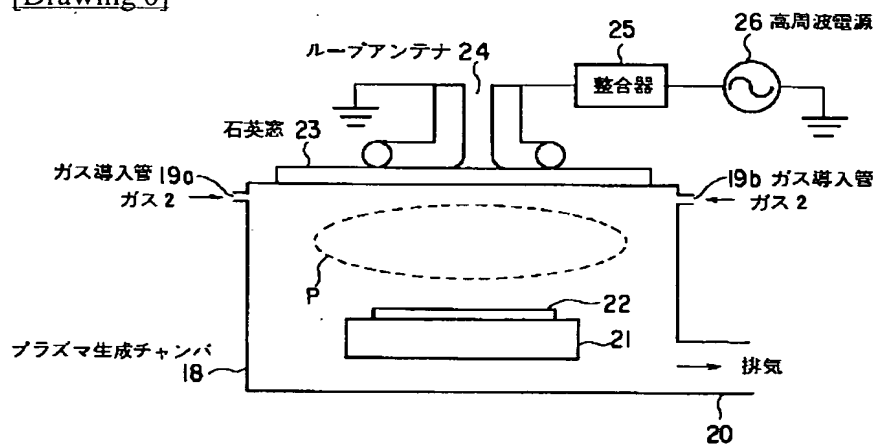
[Drawing 4]



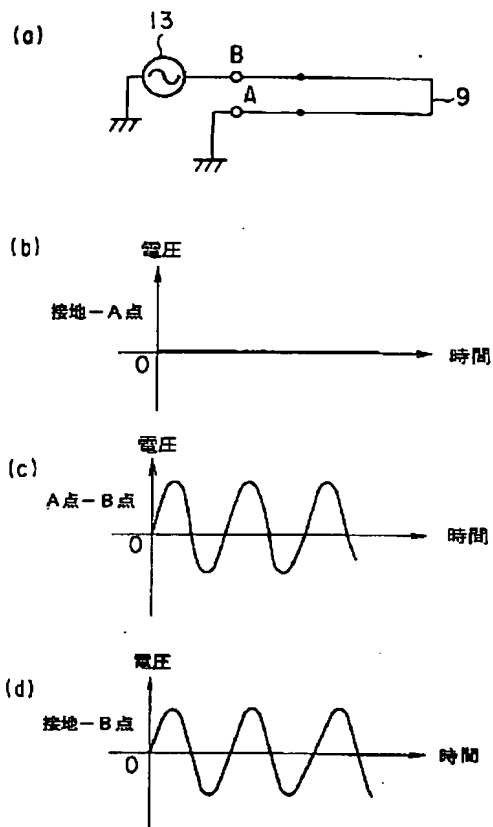
[Drawing 5]



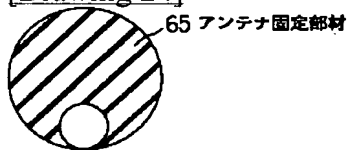
[Drawing 6]



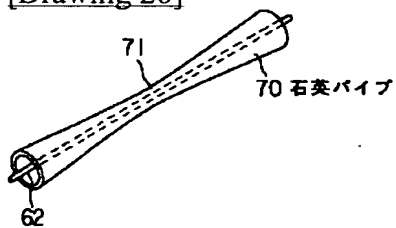
[Drawing 10]



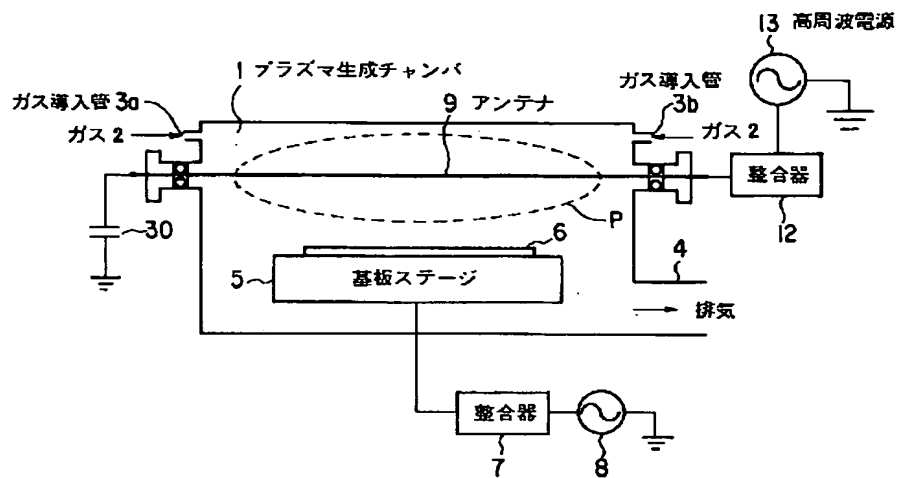
[Drawing 24]



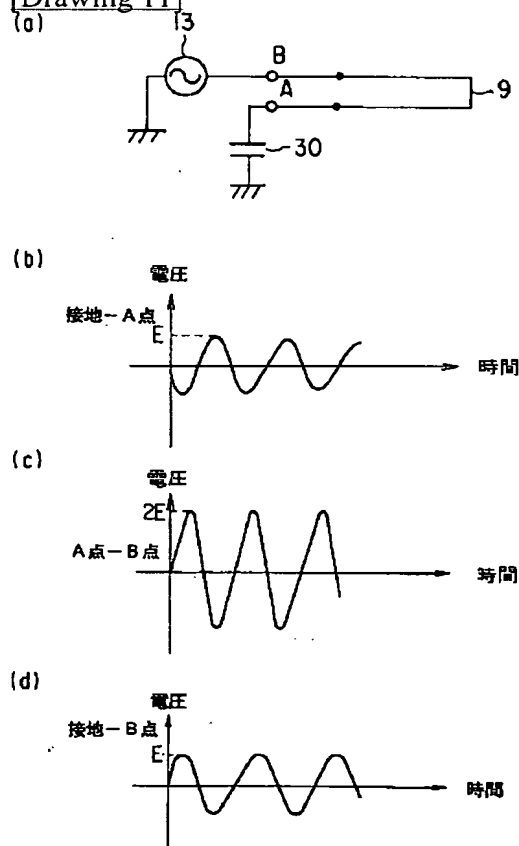
[Drawing 26]



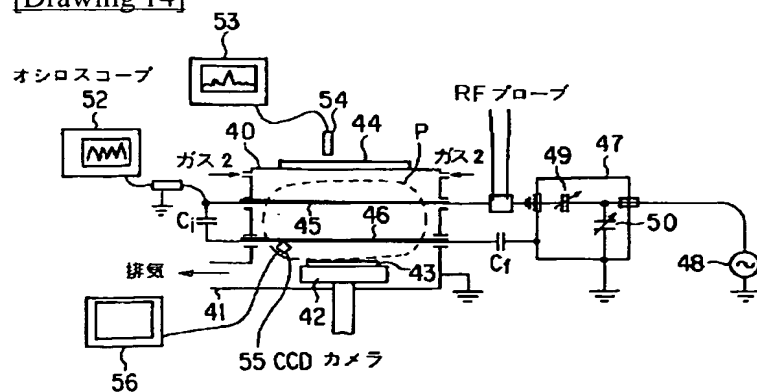
[Drawing 9]



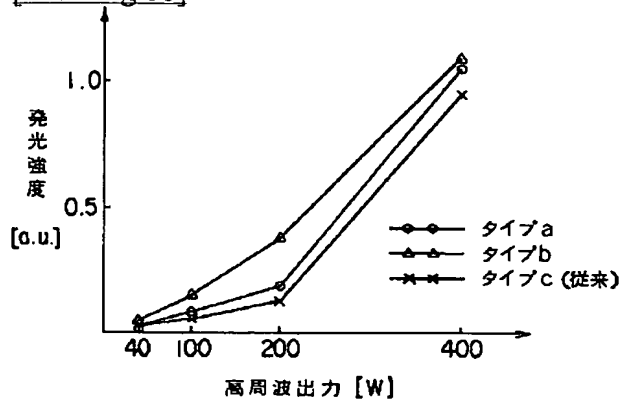
[Drawing 11]



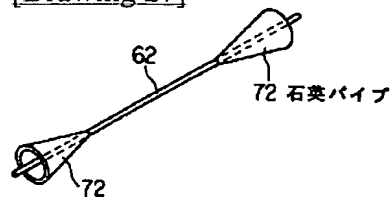
[Drawing 14]



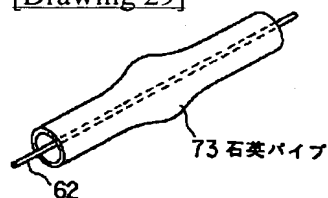
[Drawing 18]



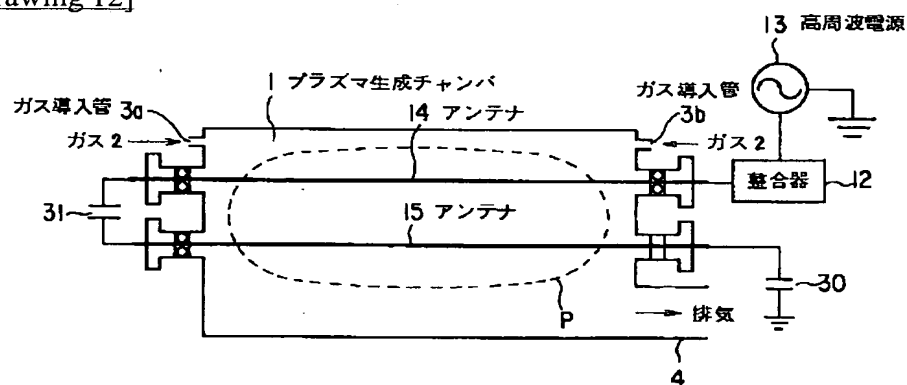
[Drawing 27]



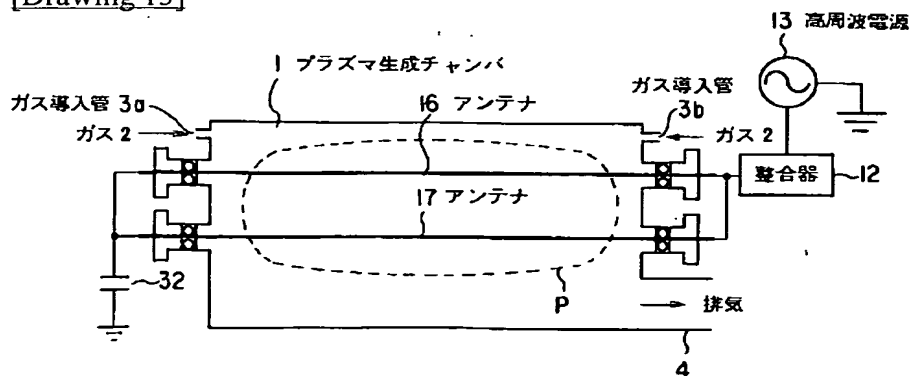
[Drawing 29]



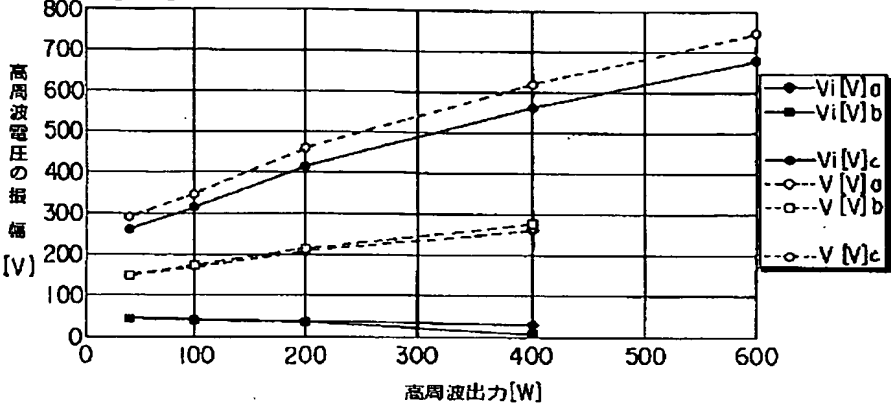
[Drawing 12]



[Drawing 13]



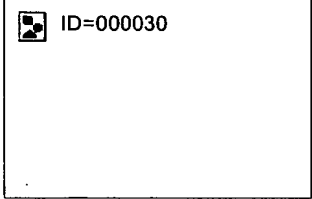
[Drawing 17]



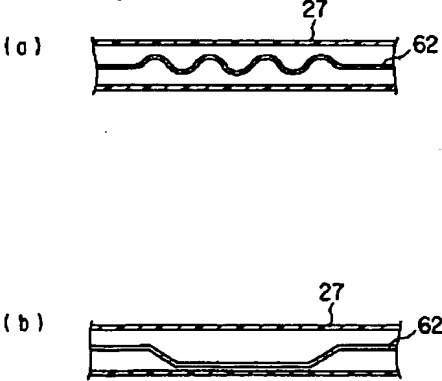
[Drawing 19]

		O <sub>2</sub> プラズマ					
		タイプ	40W	100W	200W	400W	600W
発光強度 [a.u.]	a	10.30	10.90	4.40	1.70	1.50	
	b	5.60	8.40	4.10	1.60	0.93	
	c	12.50	12.30	9.50	4.90	3.20	

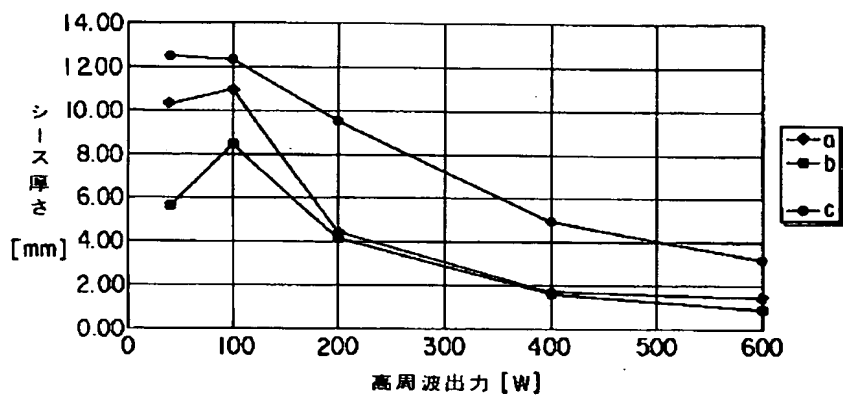
[Drawing 28]



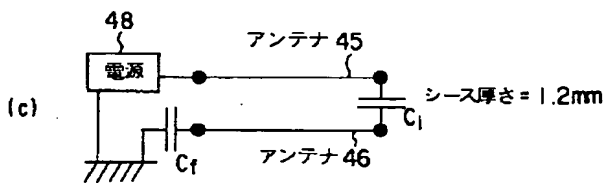
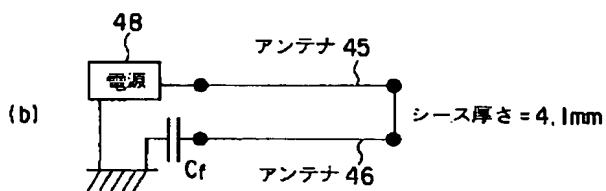
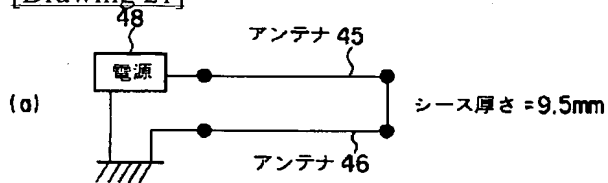
[Drawing 30]



[Drawing 20]

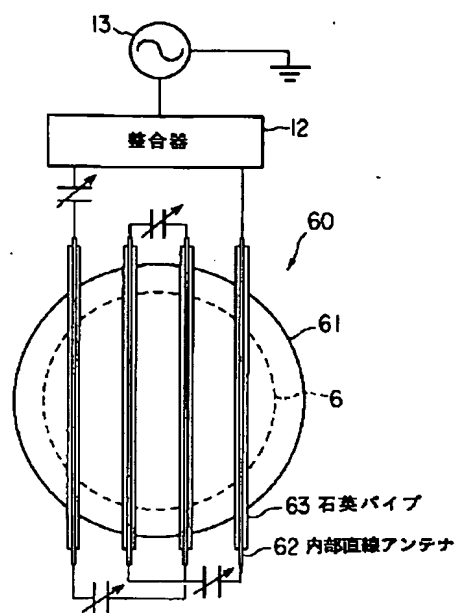


[Drawing 21]

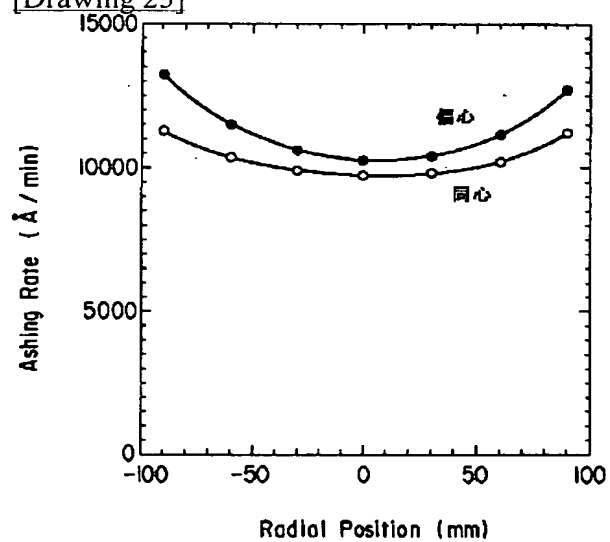


[Drawing 22]





[Drawing 25]



[Translation done.]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-317299

(43) 公開日 平成11年(1999)11月16日

(51) Int. Cl. <sup>6</sup>

識別記号

F I

H05H 1/46

H05H 1/46

L

C23C 16/50

C23C 16/50

D

H01L 21/205

H01L 21/205

21/3065

21/31

C

21/31

21/302

B

審査請求 未請求 請求項の数20 O L (全17頁)

(21) 出願番号 特願平11-7581

(22) 出願日 平成11年(1999)1月14日

(31) 優先権主張番号 特願平10-34916

(32) 優先日 平10(1998)2月17日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000003078

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(72) 発明者 戸野谷 純一

神奈川県横浜市磯子区新磯子町33番地 株式会社東芝生産技術研究所内

(72) 発明者 鈴木 啓之

神奈川県横浜市磯子区新磯子町33番地 株式会社東芝生産技術研究所内

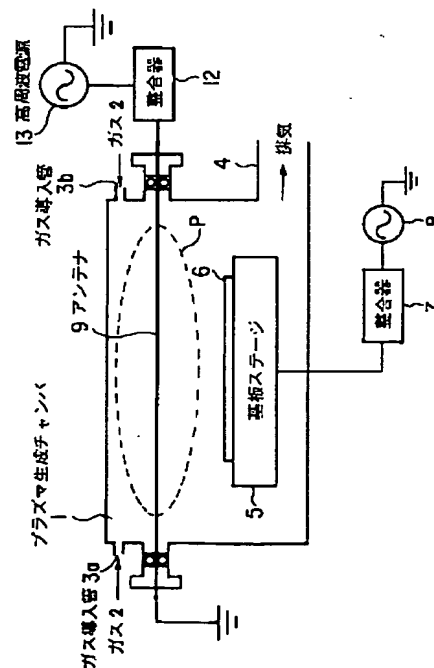
(74) 代理人 弁理士 鈴江 武彦 (外6名)

(54) 【発明の名称】 高周波放電方法及びその装置並びに高周波処理装置

(57) 【要約】

【課題】 本発明は、真空容器内に配置するアンテナを単純な構造にする。

【解決手段】 アンテナ構造を直線状にし、この内部直線アンテナ9を1本又は複数本直列又は並列に接続し、プラズマ生成チャンバ1の内部に配置する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 容器内に少なくとも 1 つの直線状のアンテナを配置し、このアンテナに高周波電力を供給することにより前記真空容器内に誘導電界を発生させてプラズマを生成する高周波放電方法。

【請求項 2】 容器内に少なくとも 1 つの直線状のアンテナを配置するとともに、1 つの前記アンテナの接地側又は複数の前記アンテナ間にコンデンサを接続し、このコンデンサの容量の変化により前記アンテナ上での高周波電圧分布を変化させ、前記アンテナと前記プラズマとの静電的結合を制御することを特徴とする高周波放電方法。

【請求項 3】 アンテナ導体の外周側に絶縁被覆を施してある前記アンテナにすることを特徴とする請求項 1 又は請求項 2 記載の高周波放電方法。

【請求項 4】 上記絶縁被覆内部には、アンテナ導体が偏心して設けられていることを特徴とする請求項 3 記載の高周波放電方法。

【請求項 5】 上記アンテナ導体は、処理対象である被処理体側に向かい偏心して設けられていることを特徴とする請求項 4 記載の高周波放電方法。

【請求項 6】 容器内に誘導電界を発生させることにより前記容器内にプラズマを生成するための高周波放電装置において、

高周波電流の供給により前記誘導電界を発生する前記容器内に配置するための少なくとも 1 つの直線状のアンテナ、を具備したことを特徴とする高周波放電装置。

【請求項 7】 複数の前記アンテナは、互いに直列接続又は並列接続されたことを特徴とする請求項 6 記載の高周波放電装置。

【請求項 8】 1 つの前記アンテナの接地側又は複数の前記アンテナ間にそれぞれ接続され、容量の変化により前記アンテナ上での高周波電圧分布を変化させるために少なくとも 1 つのコンデンサを付加したことを特徴とする請求項 6 又は請求項 7 記載の高周波放電装置。

【請求項 9】 前記アンテナは、アンテナ導体の外周側に絶縁被覆が施されていることを特徴とする請求項 6 乃至請求項 8 のいずれかに記載の高周波放電装置。

【請求項 10】 プラズマ生成用のガスが内部に供給され、かつ内部に被処理体が配置される真空容器と、高周波電力用の電源と、この電源からの高周波電力の供給により前記真空容器内に誘導電界を発生させてプラズマを生成させ、前記被処理体に対して処理を行なわせる前記真空容器内に配置された少なくとも 1 つの直線状のアンテナと、1 つの前記アンテナの接地側又は複数の前記アンテナ間にそれぞれ接続された少なくとも 1 つのコンデンサと、を具備したことを特徴とする高周波処理装置。

【請求項 11】 複数の前記アンテナは、互いに直列接続又は並列接続されたことを特徴とする請求項 10 記載

の高周波処理装置。

【請求項 12】 前記アンテナは、アンテナ導体の外周側に絶縁被覆が施されていることを特徴とする請求項 10 記載の高周波処理装置。

【請求項 13】 前記コンデンサは、容量が可変であり、この容量を変化させて前記アンテナ上での高周波電圧分布を変化させることを特徴とする請求項 10 記載の高周波処理装置。

【請求項 14】 上記絶縁被覆によりアンテナ導体の外周側が被覆されていると共に、この絶縁被覆内部にはアンテナ導体が上記絶縁被覆に対して偏心して設けられていることを特徴とする請求項 10 記載の高周波処理装置。

【請求項 15】 上記アンテナ導体は、前記被処理体側に偏心して設けられていることを特徴とする請求項 10 記載の高周波処理装置。

【請求項 16】 上記絶縁被覆は、その径が上記アンテナ導体に沿った方向に向かって変化するように設けられていることを特徴とする請求項 10 記載の高周波処理装置。

【請求項 17】 上記絶縁被覆は、上記アンテナ導体の一部分を覆うように設けられていることを特徴とする請求項 10 記載の高周波処理装置。

【請求項 18】 上記絶縁被覆は、上記真空容器中央部分に対応する上記アンテナ導体の部位を被覆するように設けられていることを特徴とする請求項 10 記載の高周波処理装置。

【請求項 19】 上記絶縁被覆は、上記真空容器の内壁側に面する上記アンテナ導体を覆うように設けられていることを特徴とする請求項 10 記載の高周波処理装置。

【請求項 20】 前記アンテナ導体は、少なくとも 1 つの湾曲部を有することを特徴とする請求項 10 記載の高周波処理装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、例えば半導体ウエハ上の薄膜素子の製造、或いは粒子ビーム源や分析装置などのプラズマ源に用いられる高周波放電方法及びその装置並びに高周波処理装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】金属、半金属、半導体、酸化物、窒化物、砒素などを構成要素とする薄膜が形成された素子（以下、薄膜素子と称する）は、LSI、磁気記録装置、光記録装置などの記憶装置、半導体レーザ、光電変換素子などの通信機器、平面ディスプレイ、固体撮像素子などの表示装置、太陽電池などのエネルギー機器など、多種多様な装置の主要部品に応用されており、今後、機器の小型化、高性能化を進展させるための必須部品として技術的發展が期待されている。

【0003】このような薄膜素子は、その構造の微細

化、高性能化が進んでおり、例えばエッチング、CVDなどでプラズマを用いた製造プロセスが重要となっている。そして、製造プロセスで用いる被処理体の基板の面積も生産性向上の観点から大面積化している。

【0004】このような製造プロセスを実現するために誘導結合型の高周波プラズマ装置が注目されている。この誘導結合型の高周波プラズマ装置は、通常、真空容器の外部又は内部にループ状のアンテナ（以下、ループアンテナと称する）を配置し、このアンテナに高周波電流を流すことにより発生する誘導電界を真空容器内のガスに加え、プラズマを生成するものとなっている。

【0005】この場合、アンテナにより発生する誘導電界は、真空容器に設置された誘電体窓を通して真空容器内のガスに加えられ、かつその高周波電力は、誘導電界を通してプラズマと結合する。

【0006】このうちループアンテナを真空容器の内部に配置した内部アンテナ方式のものは、アンテナを真空容器の内部に直接配置し、このアンテナに高周波電流を流してプラズマを生成するものであり、アンテナとプラズマとの間の距離が短いので、アンテナからプラズマへの高周波電力が効率よく伝達され、容易に高密度なプラズマ生成が可能となる。

【0007】このような内部アンテナ方式のプラズマ処理装置としては、例えば特開平 7-18433 号公報にスパッタリングに用いた技術の例が、又は特開平 8-81777 号公報に CVD に用いた技術の例が記載されている。

【0008】すなわち、誘導結合型の高周波放電では、アンテナに流れる高周波電流によって生じた誘導電界だけでなく、アンテナの高周波電圧によりアンテナとプラズマとの間に静電界をも生じる。

【0009】この静電界の発生により外部アンテナ方式では誘電体窓の表面に負の直流セルフバイアス電圧が発生し、内部アンテナ方式ではアンテナ自体にプラズマに対して直流セルフバイアス電圧が発生する。

【0010】そして、この直流セルフバイアス電圧によってプラズマ中のイオンが加速され、誘電体窓やアンテナ自体がスパッタリングされる。このスパッタリングの現象は、内部アンテナ方式ではアンテナとプラズマとの距離が短いのでより顕著に現れる。

【0011】このようなスパッタリングの現象は、例えば上記特開平 7-18433 号公報に記載された技術のように真空容器の内部に配置されたアンテナに直流バイアス電圧を印加しない状態でもアンテナでスパッタリングが起こる。

【0012】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、CVD やエッチングなどのプロセスに内部アンテナ方式を用いると、スパッタリングされた原子や分子が不純物としてプロセスに悪影響を与える。

【0013】すなわち、アンテナとプラズマとの静電的結合の結果、アンテナ又はアンテナ近傍の誘電体には、負の直流セルフバイアス電圧が発生し、このセルフバイアス電圧によって放電により生じたイオンが加速され、誘電体やアンテナの材料がスパッタされる。例えば、アンテナの材料が銅であれば、この銅そのものや電離した銅が真空容器の内壁や被処理体に付着及び堆積する。

【0014】又、内部アンテナ方式では、スパッタリングによってアンテナが消耗するので、このアンテナはある程度消耗すると、新品のアンテナと交換される。すなわち交換部品として取り扱われる。

【0015】ところで、大口径な真空容器内に均一な密度のプラズマを生成する際において、外部アンテナ方式では、アンテナの形状やその配置に適正化が行なわれ、複雑で微妙な形状のアンテナが採用されている。

【0016】これに対して内部アンテナ方式では、上記の通りアンテナが交換部品として取り扱われるので、部品コストの低減やメンテナンスの向上を図るために、アンテナは出来る限り単純な構造であることが必要となっている。

【0017】そこで本発明は、容器内に配置するアンテナを単純な構造にできる高周波放電方法及びその装置を提供することを目的とする。

【0018】又、本発明は、真空容器内に配置するアンテナの構造を単純にして高周波処理ができる高周波処理装置を提供することを目的とする。

【0019】

【課題を解決するための手段】請求項 1 によれば、容器内に少なくとも 1 つの直線状のアンテナを配置し、このアンテナに高周波電力を供給することにより真空容器内に誘導電界を発生させてプラズマを生成する高周波放電方法である。

【0020】請求項 2 によれば、容器内に少なくとも 1 つの直線状のアンテナを配置するとともに、1 つの前記アンテナの接地側又は複数の前記アンテナ間にコンデンサを接続し、このコンデンサの容量の変化により前記アンテナ上での高周波電圧分布を変化させ、前記アンテナと前記プラズマとの静電的結合を制御することを特徴とする高周波放電方法である。

【0021】請求項 3 によれば、請求項 1 又は 2 記載の高周波放電方法において、アンテナ導体の外周側に絶縁被覆を施してあるアンテナとする。

【0022】請求項 4 によれば、請求項 3 記載の高周波放電方法において、絶縁被覆内部には、アンテナ導体が偏心して設けられていることを特徴とする。

【0023】請求項 5 によれば、請求項 4 記載の高周波放電方法において、アンテナ導体は、処理対象である被処理体側に向かい偏心して設けられていることを特徴とする。

【0024】請求項 6 によれば、容器内に誘導電界を発生

生させることにより前記容器内にプラズマを生成するための高周波放電装置において、高周波電流の供給により前記誘導電界を発生する前記容器内に配置するための少なくとも1つの直線状のアンテナ、を具備したことを特徴とする高周波放電装置である。

【0025】請求項7によれば、請求項6記載の高周波放電装置において、複数のアンテナは、互いに直列接続又は並列接続されている。

【0026】請求項8によれば、請求項6又は請求項7記載の高周波放電装置において、1つのアンテナの接地側又は複数のアンテナ間にそれぞれ接続され、容量の変化によりアンテナ上での高周波電圧分布を変化させるために少なくとも1つのコンデンサを付加した。

【0027】請求項9によれば、請求項6乃至請求項8のいずれかに記載の高周波放電装置において、アンテナは、アンテナ導体の外周側に絶縁被覆が施されている。

【0028】請求項10によれば、プラズマ生成用のガスが内部に供給され、かつ内部に被処理体が配置される真空容器と、高周波電力用の電源と、この電源からの高周波電力の供給により真空容器内に誘導電界を発生させてプラズマを生成させ、被処理体に対して処理を行なわせる真空容器内に配置された少なくとも1つの直線状のアンテナと、1つのアンテナの接地側又は複数のアンテナ間にそれぞれ接続された少なくとも1つのコンデンサと、を備えた高周波処理装置である。

【0029】請求項11によれば、請求項10記載の高周波処理装置において、複数の前記アンテナは、互いに直列接続又は並列接続されたことを特徴とする。

【0030】請求項12によれば、請求項10に記載の高周波処理装置において、アンテナは、アンテナ導体の外周側に絶縁被覆が施されている。

【0031】請求項13によれば、請求項10記載の高周波処理装置において、コンデンサは、容量が可変であり、この容量を変化させてアンテナ上での高周波電圧分布を変化させる。

【0032】請求項14によれば、上記絶縁被覆によりアンテナ導体の外周側が被覆されていると共に、この絶縁被覆内部にはアンテナ導体が絶縁被覆に対して偏心して設けられていることを特徴とする請求項10記載の高周波処理装置である。

【0033】請求項15によれば、請求項10記載の高周波処理装置において、アンテナ導体は、被処理体側に偏心して設けられていることを特徴とする。

【0034】請求項16によれば、請求項10記載の高周波処理装置において、絶縁被覆は、その径が上記アンテナ導体に沿った方向に向かって変化するよう設けられていることを特徴とする。

【0035】請求項17によれば、請求項10記載の高周波処理装置において、絶縁被覆は、上記アンテナ導体の一部分を覆うように設けられていることを特徴とする。

る。

【0036】請求項18によれば、請求項10記載の高周波処理装置において、絶縁被覆は、上記真空容器中央部分に対応する上記アンテナ導体の部位を被覆するように設けられていることを特徴とする。

【0037】請求項19によれば、請求項10記載の高周波処理装置において、絶縁被覆は、真空容器の内壁側に面するアンテナ導体を覆うように設けられていることを特徴とする。

【0038】請求項20によれば、請求項10記載の高周波処理装置において、アンテナ導体は、少なくとも1つの湾曲部を有することを特徴とする。

【0039】

【発明の実施の形態】(1) 以下、本発明の第1の実施の形態について図面を参照して説明する。

【0040】図1は本発明の高周波放電方法を適用した高周波処理装置の構成図である。

【0041】真空容器としてのプラズマ生成チャンバ1は、例えば円筒状に形成され、その上部にはエッチング用の反応性ガスやCVD用の原料ガスなどのプロセスガスやAr等の希ガスなどのガス2を供給するためのガス導入管3a、3bが接続されるとともに、その下部には排気管4が接続されている。このプラズマ生成チャンバ1は、円筒状に限らず、四辺形等の立方体形状に形成されていてもよい。

【0042】なお、排気管4には、図示しないが圧力調整弁を介して排気ポンプが接続され、この排気ポンプの作動によってプラズマ生成チャンバ1内が所望の圧力に保たれている。

【0043】又、プラズマ生成チャンバ1内には、基板ステージ5が設けられ、この基板ステージ5上にエッチング又はCVD処理が行なわれる被加工物6が載置されている。なお、この基板ステージ5には、整合器7を介して電源8が接続され、基板ステージ5に対して所定電圧のバイアスが印加されるようになっている。

【0044】さらに、プラズマ生成チャンバ1内には、直線状のアンテナ（以下、内部直線アンテナと称する）9がプラズマ生成チャンバ1を横切るように配置されている。なお、ここで直線と称しているのは、内部直線アンテナ9全体として直線状であれば足り、この直線状アンテナ9の一部に湾曲した部分があることを許容するものとする。

【0045】この内部直線アンテナ9は、例えば導電性の材料、例えば銅、アルミニウムにより形成され、かつ図2に示すように例えば銅パイプのアンテナ導体10の外周を絶縁材料、例えば直径15mmの石英パイプ11で絶縁被覆を施したものとなっている。

【0046】このアンテナ導体10は、例えば直径6mmに形成され、かつその内側には冷媒が流れ、内部直線アンテナ9の温度上昇が防止されている。

【0047】なお、内部直線アンテナ9は、アンテナ導体10の外周に絶縁被覆を施さずにアンテナ導体の金属無垢としてもよい。

【0048】この内部直線アンテナ9の一端には、図1に示すように整合器12を介して高周波電源13が接続され、かつ他端側は接地されている。

【0049】このうち整合器12は、コンデンサ及びコイルから構成され、高周波電源13への反射電力を零にする作用を有している。

【0050】次に上記第1の実施の形態におけるアンテナ10の配置の変形例について図3及び図4を参照して説明する。なお、図1と同一部分には同一符号を付してその詳しい説明は省略し、かつ基板ステージ5及びこの基板ステージ5上に載置される被加工物6も省略する。

【0051】図3は内部直線アンテナを2本直列接続した高周波処理装置の一例を示す構成図である。

【0052】プラズマ生成チャンバ1には、2本の内部直線アンテナ14、15がプラズマ生成チャンバ1を横切るように、かつ互いに上下関係に配置されている。

【0053】これら内部直線アンテナ14、15は直列接続され、かつこのうち一方の内部直線アンテナ14の一端が整合器12を介して高周波電源13に接続されるとともに、他方の内部直線アンテナ15の他端が接地されている。

【0054】これら内部直線アンテナ14、15は、上記内部直線アンテナ9の同様に、例えば導電性の材料、例えば銅、アルミニウムにより形成され、かつ例えば銅パイプのアンテナ導体の外周を絶縁材料、例えば直径15mmの石英パイプで絶縁被覆を施したものとなっている。この銅パイプのアンテナ導体は、例えば直径6mmに形成され、かつその内側には冷媒が流れ、2つのアンテナ14、15の温度上昇が防止されている。

【0055】なお、これら内部直線アンテナ14、15は、アンテナ導体の外周に絶縁被覆を施さずにアンテナ導体の金属無垢としてもよい。

【0056】図4は内部直線アンテナを2本並列接続した高周波処理装置の一例を示す構成図である。

【0057】プラズマ生成チャンバ1には、2本の内部直線アンテナ16、17がプラズマ生成チャンバ1を横切るように、かつ互いに上下関係に配置されている。

【0058】これら内部直線アンテナ16、17は並列接続され、かつこれら内部直線アンテナ16、17の共通接続された一端が整合器12を介して高周波電源13に接続されるとともに、同様に共通接続された他端が接地されている。

【0059】これら内部直線アンテナ16、17は、上により求めた。ここで、 $p_{rr}$ はプラズマPの生成時の高周波電源13の出力電力、 $I_{rr}$ は内部直線アンテナ9、14、15又は16、17に流れる高周波電流である。

記内部直線アンテナ9の同様に、例えば導電性の材料、例えば銅、アルミニウムにより形成され、かつ例えば銅パイプのアンテナ導体の外周を絶縁材料、例えば直径15mmの石英パイプで絶縁被覆を施したものとなっている。この銅パイプのアンテナ導体は、例えば直径6mmに形成され、かつその内側には冷媒が流れ、2つのアンテナ14、15の温度上昇が防止されている。

【0060】なお、これら内部直線アンテナ16、17は、アンテナ導体の外周に絶縁被覆を施さずにアンテナ導体の金属無垢としてもよい。

【0061】次に上記の如く構成された装置の作用について説明する。

【0062】図1に示す装置において、プラズマ生成チャンバ1の内部に配置された直線状の内部直線アンテナ9に対して高周波電源13から高周波電流が整合器12を通して流れると、内部直線アンテナ9の周囲に誘導電界が発生し、この誘導電界がプラズマ生成チャンバ1内のエッチング用の反応性ガスやCVD用の原料ガスなどのプロセスガスに加えられる。

【0063】これによりプラズマPが生成され、被処理体6に対するエッチング又は薄膜形成などの処理が行なわれる。

【0064】図3に示す装置において、プラズマ生成チャンバ1内部の直列接続された2本の内部直線アンテナ14、15に対して高周波電源13から高周波電流が整合器12を通して流れると、これら内部直線アンテナ14、15の周囲に誘導電界が発生し、この誘導電界がプラズマ生成チャンバ1内のエッチング用の反応性ガスやCVD用の原料ガスなどのプロセスガスに加えられる。

【0065】これによりプラズマPが生成され、被処理体6に対するエッチング又は薄膜形成などの処理が行なわれる。

【0066】図4に示す装置において、プラズマ生成チャンバ1内部の並列接続された2本の内部直線アンテナ16、17に対して高周波電源13から高周波電流が整合器12を通して流れると、これら内部直線アンテナ16、17の周囲に誘導電界が発生し、この誘導電界がプラズマ生成チャンバ1内のエッチング用の反応性ガスやCVD用の原料ガスなどのプロセスガスに加えられる。

【0067】これによりプラズマPが生成され、被処理体6に対するエッチング又は薄膜形成などの処理が行なわれる。

【0068】ここで、上記内部アンテナ方式によりプラズマPを生成した場合のアンテナからプラズマへの電力伝達効率 $p_r$ を測定した。

【0069】この電力伝達効率 $p_r$ は、

$$\dots(1)$$

【0070】又、 $R_i$ は内部直線アンテナ9、14、15又は16、17の抵抗で、プラズマ生成チャンバ1内にガス2を導入せずに上記各内部直線アンテナ9、1

4、15又は16、17に高周波電力を供給し、プラズマPを生成させないときの高周波出力電力を、そのときの内部直線アンテナ9、14、15又は16、17に流れる電流の2乗で除算した値としている。

【0071】この電力伝達効率 $p$ を求めることにより、プラズマ生成時の高周波電力出力のうち何割がプラズマ生成に消費されているのかを見積もることができる。

【0072】かかる電力伝達効率 $p$ を測定する実験には、上記図1に示す1本の内部直線アンテナ9を配置した装置を用い、プラズマ生成条件は、  
酸素ガス流量=100 sccm  
圧力=10 Pa  
高周波電力=20~800 W  
とした。

【0073】図5は電力伝達効率 $p$ の投入する高周波電力の依存性を示す図である。

【0074】同図は、1本の内部直線アンテナ9を配置した装置の比較として、外部アンテナ方式の誘導結合型の高周波処理装置の結果についても示してある。なお、内部直線アンテナ9は、プロセスに影響を及ぼす金属がスパッタリングされるのを防ぐために石英パイプ11で被覆されている。

【0075】図6はかかる比較対象とする外部アンテナ方式の高周波処理装置の構成図を示す。

【0076】プラズマ生成チャンバ18は、その上部にエッチング用の反応性ガスやCVD用の原料ガスなどのプロセスガスやAr等の希ガスなどのガス2を供給するためのガス導入管19a、19bが接続されるとともに、その下部には排気管20が接続されている。

【0077】この排気管20には、図示しないが圧力調整弁を介して排気ポンプが接続され、この排気ポンプの作動によってプラズマ生成チャンバ18内が所望の圧力に保たれている。

【0078】又、プラズマ生成チャンバ18内には、基板ステージ21が設けられ、この基板ステージ21上にエッチング又はCVD処理が行なわれる被加工物22が載置されている。

【0079】さらに、プラズマ生成チャンバ18の上部には石英窓23が設けられ、この石英窓23上にループアンテナ24が設けられている。

【0080】このループアンテナ24は、銅パイプを1巻したもので、その一端には、整合器25を介して高周波電源26が接続され、他端は接地されている。

【0081】このような構成であれば、ループアンテナ24に対して高周波電源26から高周波電流が整合器25を通して流れると、このループアンテナ24の周囲に誘導電界が発生し、この誘導電界が石英窓23を通してプラズマ生成チャンバ1内のエッチング用の反応性ガスやCVD用の原料ガスなどのプロセスガスに加えられ

る。これによりプラズマPが生成され、被処理体22に対するエッチング又は薄膜形成などの処理が行なわれる。

【0082】しかるに、上記図5に示す1本の内部直線アンテナ9の装置と外部アンテナ方式の装置との電力伝達効率 $p$ の測定結果から内部直線アンテナ9を用いた装置は、外部アンテナ方式の装置に比べ、電力伝達効率 $p$ が高く、プラズマ生成に関して問題のないことが分かる。

【0083】この結果は、内部直線アンテナ9では、誘導電界を発生させる部分での磁束密度がループアンテナ24に比べて小さくなると考えられるが、内部直線アンテナ9がプラズマPと近接しているため、比較的強い電界がプラズマ中に誘導されるので、高周波電流によって発生する磁束の多くが誘導電界の発生に有効に寄与するためと考えられる。

【0084】次に、2本の内部直線アンテナを用いたときの電力伝達効率 $p$ の測定結果について説明する。

【0085】図7は内部直線アンテナをプロセス生成チャンバ1内に配置した上記図1、図3及び図4に示す各装置、さらに上記図6に示す外部アンテナ方式の装置の計4種類の装置の電力伝達効率 $p$ の測定結果について示してある。なお、内部直線及び外部の各アンテナは、石英パイプ11で被覆されているものとする。

【0086】同図に示すように投入される高周波電力が500 Wを越える領域では、各アンテナの接続方法に関わらず電力伝達効率 $p$ が高く、誘導結合型の放電になっていると考えられる。

【0087】この領域において電力伝達効率 $p$ は、プロセス生成チャンバ1内に内部直線アンテナを1本直列接続した場合と2本直列接続した場合とでほぼ同一となり、かつ内部直線アンテナを2本並列接続した場合と外部アンテナを用いた場合とでほぼ同一となっている。

【0088】このように内部直線アンテナの本数や接続方法に関わらず内部アンテナ方式では、外部アンテナ方式に比べて電力伝達効率 $p$ が同程度又は大きいので、プラズマ密度も同程度又はそれ以上になるものと考えられる。

【0089】これにより、複数の内部直線アンテナをプラズマ生成チャンバ1内に配置し、これら内部直線アンテナの配置を適正化することによって大口径で均一な密度のプラズマ生成ができる。

【0090】次に、内部直線アンテナが図2に示すように石英パイプ11で被覆された場合の測定結果について説明する。

【0091】上記図1に示す1本の内部直線アンテナ9を用いた装置においてArプラズマの電子密度を測定した結果、その電子密度は $2 \times 10^{11} \text{ cm}^{-3}$ となり、十分に高密度なプラズマ生成が可能であることが確認された。

【0092】又、内部直線アンテナ9を図2に示すようにアンテナ導体10の周囲を石英パイプ11で被覆した場合とアンテナ導体10の金属無垢の場合とについて、内部直線アンテナ9のスパッタリングによって生じる不純物を実験によって調べた。

【0093】この実験方法は、上記図1に示す装置によって例えばArプラズマを生成し、基板ステージ5上に被処理体6としてpoly-SiやCuを成膜した半導体ウエハを載置し、この半導体ウエハ上にスパッタリングされた原子、分子の存在をXPS(X線誘起光電子分光)により元素分析する方法をとった。

【0094】図8は内部直線アンテナ9のスパッタリングによって生じる不純物の実験結果を示す図である。石英パイプ11で覆わない場合、半導体ウエハ上にAlが検出され、poly-Si上に内部直線アンテナ9のAlがスパッタリングされて堆積していることが分かる。poly-Siが検出されていないことからXPSの検出深さを考えると、少なくとも50オングストローム以上堆積していると考えられる。

【0095】一方、石英パイプ11で覆った場合、Siは検出されず、かつ未処理の半導体ウエハと同じ元素組成であることから、石英パイプ11のスパッタリングは、プロセスに影響を与えない程度に抑制されていると考えられる。

【0096】このように石英パイプ11でアンテナ導体10を覆うことにより、プラズマPを外部アンテナ方式と同等の高プラズマ密度に保ったまま、プロセスに悪影響を与えるスパッタリングによって発生する不純物の発生を防ぐことができる。

【0097】このように上記第1の実施の形態においては、アンテナ構造を直線状にし、このアンテナを1本又は複数本直列又は並列に互いに接続し、プラズマ生成チャンバ1の内部に配置したので、プラズマ生成チャンバ1内に配置するアンテナを、作製が容易で交換等のメンテナンス性に優れた単純な構造にでき、かつこのアンテナで高密度なプラズマPをプラズマ生成チャンバ1内に生成できる。

【0098】又、大口径で密度の均一なプラズマを生成する場合には、プラズマ密度が均一になるように複数の内部直線アンテナを互いに直列又は並列接続する組み合わせを適正化することにより実現できる。

【0099】さらに、アンテナ導体10を石英パイプ11等の絶縁物で覆うので、アンテナのスパッタリングにより発生する金属不純物を抑制できる。(2)以下、本発明の第2の実施の形態について図面を参照して説明する。なお、上記図1、図3及び図4と同一部分には同一符号を付してその詳しい説明は省略する。

【0100】図9は本発明の高周波放電方法を適用した高周波処理装置の構成図である。

【0101】内部直線アンテナ9の一端には、整合器1

2を介して高周波電源13が接続され、他端は浮遊コンデンサ30を介して接地されている。

【0102】この浮遊コンデンサ30は、可変容量であり、その容量 $C_f$ を変化させて内部直線アンテナ9上での高周波電圧分布を変化させ、この内部直線アンテナ9とプラズマPとの静電的結合を制御する作用を持っている。

【0103】すなわち、図10(a)に示すように内部直線アンテナ9に浮遊コンデンサ30が接続されていなければ、接地に対するA点の電圧は同図(b)に示すように0Vとなり、A点とB点との間には同図(c)に示すように高周波電源13の電圧に対応した電圧波形が現れる。この波形は、同図(d)に示すように接地に対するB点に付いても同様である。

【0104】これに対して図11(a)に示すように内部直線アンテナ9に浮遊コンデンサ30を接続すると、A点には、この浮遊コンデンサ30の電圧降下により同図(b)に示すようにA点とB点との間の電圧位相(図4(c))と逆位相で2分の1倍の振幅を持つ電圧が現れる。

【0105】従って、接地からB点の電圧は、同図(b)に示す浮遊コンデンサ30による逆位相の電圧と同図(c)に示すA点とB点との間の電圧とが重なり合った波形となり、同図(d)に示すような最大値の小さくなった電圧となる。

【0106】従って、浮遊コンデンサ30の容量 $C_f$ を変化させることにより内部アンテナ9上の電圧分布を変化させて内部直線アンテナ9上の任意の点例えばA点とB点との中間点の電圧を0Vに制御できるものとなる。そして、このときには浮遊コンデンサがない場合に比べて高周波電圧について接地からB点までが半分となり大幅に静電的結合が抑制できる。

【0107】次に上記第2の実施の形態におけるアンテナの配置の変形例について図12及び図13を参照して説明する。なお、図9と同一部分には同一符号を付してその詳しい説明は省略し、かつ基板ステージ5及びこの基板ステージ5上に載置される被加工物6も省略する。

【0108】図12は内部直線アンテナ14、15を2本直列接続した高周波処理装置の構成図である。

【0109】2本の内部直線アンテナ14、15の間には中間コンデンサ31が接続されるとともに、内部直線アンテナ15と接地との間には浮遊コンデンサ30が接続されている。この中間コンデンサ31も浮遊コンデンサ30と同様に各内部直線アンテナ14、15とプラズマPとの静電的結合を制御するものである。

【0110】つまり、これら浮遊コンデンサ30、中間コンデンサ31は、それぞれ可変容量であり、その各容量 $C_1$ 、 $C_2$ をそれぞれ変化させて各内部直線アンテナ14、15上での高周波電圧分布を変化させ、これら内部直線アンテナ14、15とプラズマPとの静電的結合



を制御する作用を持っている。

【0111】図13は内部直線アンテナ16、17を2本並列接続した高周波処理装置の構成図である。

【0112】これら内部直線アンテナ16、17の一端には、整合器12を介して高周波電源13が接続され、他端は浮遊コンデンサ32を介して接地されている。

【0113】この浮遊コンデンサ32は、可変容量であり、その各容量 $C_i$ を変化させて各内部直線アンテナ16、17上での高周波電圧分布を変化させ、これら内部直線アンテナ16、17とプラズマPとの静電的結合を制御する作用を持っている。

【0114】次に上記の如く構成された装置の作用について説明する。

【0115】図9に示す装置において、プラズマ生成チャンバ1の内部に配置された内部直線アンテナ9に高周波電源13から高周波電流が流れると、内部直線アンテナ9の周囲に誘導電界が発生し、この誘導電界がプラズマ生成チャンバ1内のエッチング用の反応性ガスやCVD用の原料ガスなどのプロセスガスに加えられる。

【0116】これによりプラズマPが生成され、被処理体6に対するエッチング又は薄膜形成などの処理が行なわれる。

【0117】このとき浮遊コンデンサ30は、その容量 $C_i$ が調整されて内部直線アンテナ9上での高周波電圧分布を変化させ、この内部直線アンテナ9とプラズマPとの静電的結合を制御する。

【0118】図12に示す装置において、2本の内部直線アンテナ14、15に高周波電源13から高周波電流が直列に流されると、これら内部直線アンテナ14、15の周囲に誘導電界が発生し、この誘導電界がプラズマ生成チャンバ1内のエッチング用の反応性ガスやCVD用の原料ガスなどのプロセスガスに加えられる。

【0119】これによりプラズマPが生成され、被処理体6に対するエッチング又は薄膜形成などの処理が行なわれる。

【0120】このとき浮遊コンデンサ30、中間コンデンサ31は、その容量 $C_i$ 、 $C_j$ が調整されて内部直線アンテナ14、15上での高周波電圧分布を変化させ、これら内部直線アンテナ14、15とプラズマPとの静電的結合を制御する。

【0121】図13に示す装置において、プラズマ生成チャンバ1の内部に配置された2本の内部直線アンテナ16、17に高周波電源13から高周波電流が並列に流れると、これら内部直線アンテナ16、17の周囲に誘導電界が発生し、この誘導電界がプラズマ生成チャンバ1内のエッチング用の反応性ガスやCVD用の原料ガスなどのプロセスガスに加えられる。

【0122】これによりプラズマPが生成され、被処理体6に対するエッチング又は薄膜形成などの処理が行なわれる。

【0123】このとき浮遊コンデンサ32は、その容量 $C_i$ が調整されて内部直線アンテナ16、17上での高周波電圧分布を変化させ、これら内部直線アンテナ16、17とプラズマPとの静電的結合を制御する。

【0124】次に、浮遊コンデンサ及び中間コンデンサの効果に関する実験結果について説明する。

【0125】この実験は、2本の内部直線アンテナを直列接続し、直列に接続するフローティングコンデンサの数と位置とによるアンテナ電圧分布等の変化を測定する。

【0126】図14はかかる実験に使用する高周波処理装置の構成図である。

【0127】プラズマ生成チャンバ40は、例えば円形状に形成され、その上部からエッチング用の反応性ガスやCVD用の原料ガスなどのプロセスガスやAr等の希ガスなどのガス2が内部に供給されるものとなっている。

【0128】又、プラズマ生成チャンバ40の下部には排気管41が接続されている。この排気管41には、図示しないが圧力調整弁を介して排気ポンプが接続され、この排気ポンプの作動によってプラズマ生成チャンバ1内が所望の圧力に保たれている。

【0129】又、プラズマ生成チャンバ40内には、基板ステージ42が設けられ、この基板ステージ42上にエッチング又はCVD処理が行なわれる被加工物43が載置されている。

【0130】又、プラズマ生成チャンバ40の上部には、石英窓44が設けられている。

【0131】さらに、プラズマ生成チャンバ40内には、2本の内部直線アンテナ45、46がプラズマ生成チャンバ40を横切り、かつ直列接続されて互いに上下方向に配置されている。

【0132】これら内部直線アンテナ45、46は、例えば直径6mmの銅パイプから形成されるアンテナ導体を直径15mmの石英パイプで覆った構成で、アンテナ導体10の内側には冷媒が流れ、内部直線アンテナ45、46の温度上昇を防止している。

【0133】このうち内部直線アンテナ45の一端には、導電体のケースに納められたマッチャー47を介して高周波電源48が接続されている。

【0134】マッチャー47は、マッチングが取れるように容量を定める可変容量の各コンデンサ49、50から構成されている。

【0135】又、2つの内部直線アンテナ45、46の間には、中間コンデンサ $C_j$ が接続されるとともに、内部直線アンテナ46の他端には、浮遊コンデンサ $C_i$ が接続されている。

【0136】このような装置に対して以下の各測定装置が備えられている。

【0137】内部直線アンテナ45とマッチャー47と

の間には、RFプローブ51が設けられ、このRFプローブ51により電流I、電圧Vが測定されるものとなっている。

【0138】又、内部直線アンテナ45と中間コンデンサC<sub>i</sub>との間には、入力：出力が10000：1の高電圧プローブを介してオシロスコープ52が接続され、このオシロスコープ52により高周波電圧V<sub>i</sub>が測定されるものとなっている。

【0139】一方、発光分光測定器53のプローブ（受光部）54が石英窓44の上方に配置され、この発光分光測定器53によってA<sub>r</sub>やOの発光強度が測定されるものとなっている。

【0140】又、CCDカメラ55がプラズマ生成チャンバ40内に配置され、このCCDカメラ55から出力される画像信号がテレビジョンモニタ56に送られるようになっている。

【0141】このCCDカメラ55は、2つの内部直線アンテナ45、46の各外周付近に生じるシースを撮像し、その画像信号を出力するものとなっている。

【0142】このシースは、各内部直線アンテナ45、46の外周付近で電子衝突反応が少ないため発光強度が極めて小さくなっているものである。

【0143】このシースの領域では、シースの厚さが大きいと電界が強くなり、各内部直線アンテナ45、46に高いエネルギーを持つイオンが入射してスパッタリングが発生し、逆にシースの厚さが小さいと電界が強くなり、各内部直線アンテナ45、46への低いエネルギーを持つイオンが入射する。

【0144】従って、シースの厚さが小さくなると低エネルギーのイオンが各内部直線アンテナ45、46に入射することから被処理体43に対して各内部直線アンテナ45、46からの不純物が付着しない。

【0145】次に以上の各測定装置を用いての浮遊コンデンサと中間コンデンサに対する測定結果について説明する。

【0146】図15はプラズマ生成チャンバ40内にA<sub>r</sub>プラズマを生成し、かつA<sub>r</sub>プラズマの電力を40W、100W、200W及び400Wについて変えたときの高周波電圧V<sub>i</sub>、電圧V、電流I及び発光強度の測定結果を示す。

【0147】ここで、この測定結果は、図16に示すように浮遊コンデンサC<sub>r</sub>、中間コンデンサC<sub>i</sub>の各容量の組み合わせを変えた各タイプa、b、cに分けて測定した。

【0148】なお、タイプcは、浮遊コンデンサC<sub>r</sub>と中間コンデンサC<sub>i</sub>の各容量が全て零であり、従来装置であって本発明装置との比較のために示してある。

【0149】又、図17は各タイプa、b、cにおける高周波電圧V<sub>i</sub>及び電圧Vについての高周波出力に対する高周波電圧の振幅を示している。

【0150】さらに、図18は各タイプa、b、cに対する各発光強度を示している。同図から分かるようにタイプb、すなわち浮遊コンデンサC<sub>r</sub>を350pF、中間コンデンサC<sub>i</sub>を零、追加コンデンサC<sub>a</sub>を150pFにした場合に発光強度が最も高くなっている。

【0151】この発光強度は、プラズマ電子密度とほぼ対応するものであり、その強度が高ければプラズマ電子密度が高いことを示している。

【0152】従って、上記実験結果であれば、タイプbが従来装置（タイプc）と比較しても最もプラズマ電子密度が高いことを示している。

【0153】一方、図19はプラズマ生成チャンバ40内にO<sub>2</sub>プラズマを生成し、かつO<sub>2</sub>プラズマの電力を40W、100W、200W、400W及び600Wについて変えたときにCCDカメラ55の撮像により得られたシース厚さの測定結果を示し、図20はそのグラフ化した図を示す。

【0154】これら図から分かるように高周波出力が大きくなるに従ってシース厚さが薄くなることが分かり、このうちでもタイプa、bのシース厚さが薄くなっているため、内部直線アンテナからのスパッタ量が抑制されエッチングやCVDでの不純物が抑えられる。

【0155】又、シース厚さの測定として2本の内部直線アンテナに対して浮遊コンデンサC<sub>r</sub>及び中間コンデンサC<sub>i</sub>を接続した場合と接続しない場合とについても行なった。

【0156】図21はかかるシース厚さ測定に用いた回路の概略構成図であって、同図(a)は浮遊コンデンサC<sub>r</sub>及び中間コンデンサC<sub>i</sub>を共に接続しない場合、同図(b)は浮遊コンデンサC<sub>r</sub>（例えば350pF）のみを接続しない場合、同図(c)は浮遊コンデンサC<sub>r</sub>（例えば700pF）及び中間コンデンサC<sub>i</sub>（例えば350pF）を共に接続した場合である。

【0157】このようなシース厚さの測定回路において、同図(a)に示す回路ではシース厚さが9.5mmとなり、同図(b)に示す回路ではシース厚さが4.1mmとなり、同図(c)に示す回路ではシース厚さが1.2mmとなる。

【0158】従って、浮遊コンデンサC<sub>r</sub>及び中間コンデンサC<sub>i</sub>を接続するとシース厚さが薄くなり、上記同様にエッチングやCVDでの不純物が抑えられる。

【0159】このように上記第2の実施の形態においては、内部直線アンテナ9と接地との間7や複数の内部直線アンテナ14、15などの各間に浮遊コンデンサ30や中間コンデンサ31を接続し、これら浮遊コンデンサ30や中間コンデンサ31の容量C<sub>r</sub>、C<sub>i</sub>を変化させて内部直線アンテナ9などの上での高周波電圧分布を変化させ、この内部直線アンテナ9などとプラズマPとの静電的結合を制御するようにしたので、プラズマP放電の安定化と内部直線アンテナ9などによるスパッタの抑

制とを両立させるために内部直線アンテナ 9 などとプラズマ P との静電的結合を最適に制御できる。

【0160】これにより、負の直流セルフバイアス電圧によつてイオンが加速され、例えば、アンテナの材料がプラズマ生成チャンバ 1 の内壁や被処理体 6 にスパッタされることが抑制され、高周波プラズマ装置を長寿命化でき、エッチングや CVD などのプロセスに悪影響を与えることはなくなる。

【0161】なお、上記第 1 の実施の形態と同様な効果、すなわちプラズマ生成チャンバ 1 内に配置するアンテナを、作製が容易で交換等のメンテナンス性に優れた単純な構造にでき、かつこのアンテナで高密度なプラズマ P をプラズマ生成チャンバ 1 内に生成できる。

【0162】又、大口径で密度の均一なプラズマを生成する場合には、プラズマ密度が均一になるように複数の内部直線アンテナを直列又は並列接続した組み合わせを適正化することにより実現できる。

【0163】さらに、アンテナ導体 10 を石英パイプ 1 1 等の絶縁物で覆うので、アンテナのスパッタリングにより発生する不純物を抑制できる。

【0164】なお、本発明は、上記第 1 及び第 2 の実施の形態に限定されるものでなく各種変形してもよい。

【0165】例えば、内部直線アンテナの本数や接続方法は、上記第 1 及び第 2 の実施の形態に限定されず、プロセスに応じて例えば複数本の内部直線アンテナを互いに直列又は／及び並列としたり、又その配置の位置を互いに上下方向にしたり適宜変更してもよい。

(3) 以下、本発明の第 3 の実施の形態について図面を参照して説明する。なお、本実施の形態においても、同一部分には同一符号を付してその詳しい説明は省略する。

【0166】本実施の形態では、図 2 2 に示す高周波処理装置 60 のプラズマ生成チャンバ 6 1 に内部直線アンテナ 6 2 を挿通させるように設けた点では、上述の第 1 の実施の形態、若しくは第 2 の実施の形態で述べた高周波処理装置の構成と同様となっている。

【0167】また、内部直線アンテナ 6 2 を石英等の誘電体を材質とする石英パイプ 6 3 で覆った構成も、上述の実施の形態で述べた構成と同様である。なお、この石英パイプ 6 3 の形状も、上述の実施の形態と同様に円筒形状に形成されている。

【0168】しかしながら、本実施の形態では、この石英パイプ 6 3 の内部に存する中空部 6 4 に内部直線アンテナ 6 2 を偏心して配置している。具体的には、図 2 3 に示すように、内部直線アンテナ 6 2 に比較して、十分大きな径に形成された中空部 6 4 の内部に内部直線アンテナ 6 2 を置いた状態とし、石英パイプ 6 3 の内壁面にこの内部直線アンテナ 6 2 が接触するようにしている。

【0169】それによって、内部直線アンテナ 6 2 が被処理体 6 側に偏心して配置される構成となる。

【0170】このような偏心配置を実現するため、上記

高周波処理装置 60 のチャンバ 6 1 の上部側に挿通された石英パイプ 6 3 には、その端部側に図 2 4 に示すようなアンテナ固定部材 6 5 が取り付けられている。このアンテナ固定部材 6 5 は、図 2 4 に示すようにその外径が上記石英パイプ 6 3 の中空部 6 4 に取り付け固定可能な大きさに形成されている。

【0171】ここで、このアンテナ固定部材 6 5 は、その材質が例えばゴムから構成されており、また、アンテナ固定部材 6 5 の外径は上記石英パイプ 6 3 の開口端部にこれを弾性変形させて嵌め込むことが可能な大きさに形成されている。

【0172】なお、内部直線アンテナ 6 2 は、アンテナ固定部材 6 5 を設けずに中空部 6 4 の内壁面に接触するように置いた状態で配置される以外にも、中空部 6 4 の被処理体 6 側の内壁面と接触させず離間するように配置しても構わない。しかしながら、この場合でも、被処理体 6 側に内部直線アンテナ 6 2 が偏心配置されることが必要とされる。

【0173】以上のような構成を有する高周波処理装置 60 の作用効果について、以下に説明する。

【0174】高周波電源 1 3 が作動して、ここから高周波電流が整合器 1 2 を通して流れると、内部直線アンテナ 6 2 の周囲に誘導電界が発生し、この誘導電界がプラズマ生成チャンバ 6 1 内部のエッチング用の反応性ガスや CVD 用の原料ガス等のプロセスガスに加えられる。

【0175】それによって、プラズマ P が生成され、被処理体 6 に対するエッチングや薄膜形成等の処理が行われる。

【0176】この場合、上記内部直線アンテナ 6 2 は、石英パイプ 6 3 内部において上述の第 1 の実施の形態で述べた構成よりも、被処理体 6 側に近づくように偏心して配置されている。このため、石英ガラス 6 3 の下側の表面（被処理体 6 側）には偏心して配置しない場合と比べて強い電界を発生させることができる。

【0177】また、これとは逆に、石英ガラス 6 3 の上側の表面（被処理体 6 が設けられている部位と反対側）は、内部直線アンテナ 6 2 からの距離が遠くなるように設けられており、この部位では電界の発生が弱くなる。

【0178】このため、被処理体 6 のプラズマ処理等に関係のない部位で無駄なプラズマ P の発生等を抑制することが可能となる。すなわち、プラズマ P の密度分布を、被処理体 6 の処理を行う部分のみで高密度にするように、制御することが可能となる。それによって、高周波電流の効率良い利用を図ることが可能となる。

【0179】また、このような高周波電流の効率良い利用に加えて、プラズマ処理等に関係のない部位でのプラズマ P の発生を抑えることにより、このような部位の内壁面で生じるスパッタの抑制が可能となる。それによって、高周波処理装置 60 の長寿命化にも貢献する。

【0180】ここで、上述の構成を採用した場合の具体

的な実験結果を、図 2 5 に基づいて以下に示す。この実験では、直径 4 0 c m のプラズマ生成チャンバ 6 1 に、内部直線アンテナ 6 2 を 4 本平行に配列している。この内部直線アンテナ 6 2 は、直径 6 m m の銅パイプであり、これが石英パイプ 2 7 に挿通された構成である。

【0 1 8 1】石英パイプ 2 7 の直径は 2 5 m m に設けられていて、この石英パイプ 2 7 の下側に接触するように内部直線アンテナ 6 2 を設置している。それによって、内部直線アンテナ 6 2 は、石英パイプ 2 7 の内部で偏心した状態に設けられている。

【0 1 8 2】また、石英パイプ 2 7 の下方側 1 0 0 m m の位置には、8 インチウエハ用の基板ステージ 5 が設けられており、薄膜のプラズマによる処理を可能としている。

【0 1 8 3】このような高周波処理装置 6 0 を用いてレジストのアッシンググレートと比較実験を行ったときのグラフを以下に示す。この場合の放電条件は、 $O_2 / C F_4 = 6 8 0 / 1 2 0 s c c m$ ,  $1 0 0 m t o r r$ ,  $1 k W$  となっている。

【0 1 8 4】このような条件下で実験を行った場合、内部直線アンテナ 6 2 と石英パイプ 2 7 とが同心にしたときは、アッシンググレートは、平均  $1. 0 4 \mu m / m i n$  となっている。しかしながら、偏心させることにより、アッシンググレートは平均  $1. 0 4 \mu m / m i n$  にまで上昇した。すなわち、約 1 0 % も上昇している。

【0 1 8 5】この結果は、偏心させることによって、内部直線アンテナ 6 2 の下方でプラズマ P の密度分布を上昇させるように、軸方向の密度分布が変化したことによって生じたものである。

【0 1 8 6】以上の結果からも、アッシンググレートの向上を図ることができたという結果が得られ、本実施の形態に係わる発明の有用性が実証されたものとなっている。

【0 1 8 7】以上、本発明の第 3 の実施の形態について説明したが、本発明はこれ以外にも種々変形可能となっている。以下、これらの変形例について説明する。

【0 1 8 8】図 2 6 は、石英パイプ 7 0 の形状を変形したものであり、石英パイプ 7 0 の長さ方向における中央部分が凹んだ凹部 7 1 となっている。それによって、石英パイプ 7 0 の中央部分では、内部直線アンテナ 6 2 と石英パイプ 7 0 の間の間隔が狭くなり、これによって石英パイプ 7 0 の表面の中央部分で強い電界を生じさせ、凹部中央部分でのプラズマ密度を高くするような制御を行うことができる。

【0 1 8 9】また、図 2 7 に示す構成では、内部直線アンテナ 6 2 の両端部分のみに石英パイプ 7 2 を設けている。この石英パイプ 7 2 は、例えば錐形状に形成されており、夫々別個独立に内部直線アンテナ 6 2 に取り付けられる構成としている。

【0 1 9 0】このような構成の石英パイプ 7 2 によって

も、プラズマ生成チャンバ 6 1 付近でのプラズマ P の発生を抑制し、このプラズマ生成チャンバ 6 1 の内壁面がスパッタ等されるのを防止可能としている。すなわち、プラズマ生成チャンバ 6 1 の内壁付近でのプラズマ密度が低くなるような制御を行える構成である。

【0 1 9 1】また、図 2 8 に示す構成では、内部直線アンテナ 6 2 のプラズマ生成チャンバ 6 1 の中央部分を石英パイプ 7 3 で覆う構成としている。このような構成とすることで、プラズマ生成チャンバ 6 1 の中央部分でのプラズマ密度を抑えることが可能となり、それによってプラズマ生成チャンバ 6 1 内部においてプラズマ密度を均一化する制御を行うことが可能となる。

【0 1 9 2】さらに、図 2 9 に示す構成では、石英パイプ 7 4 の径を部分的に変化させている。例えばこの図に示すように、内部直線アンテナ 6 2 の中央部分の石英パイプ 7 4 の径を広くすることにより、この径の変化による石英パイプ 7 4 下方側でのプラズマ密度を変化させることが可能となる。よって、所望の位置で石英パイプ 7 4 の径を変化させれば、それに伴ってプラズマ生成チャンバ 6 1 内部でのプラズマ密度を適宜に制御可能となる。

【0 1 9 3】また、図 3 0 ( a ) , ( b ) に示す構成では、一定の太さを有する石英パイプ 2 7 内部における内部直線アンテナ 6 2 を曲げた構成である。この石英パイプ 2 7 内部で内部直線アンテナ 6 2 の曲げ形状を調整することにより、プラズマ生成チャンバ 6 1 内部におけるプラズマ密度を制御することが可能となる。なお、図 3 0 ( a ) , ( b ) に示す内部直線アンテナ 6 2 の形状は代表的なものであり、この他プラズマ密度をどのように形成するかにより、種々の形状が想定される。例えば、図 3 0 ( b ) に示すように、プラズマ生成チャンバ 6 1 内部の中央部分において内部直線アンテナ 6 2 を被処理体 6 側に向けて変形させれば、内部直線アンテナ 6 2 に向けて変形させた部分の被処理体 6 側でのプラズマ密度を高くすることが可能となる。

【0 1 9 4】以上、本発明について、第 1 乃至第 3 の実施の形態について説明したが、本発明はこれ以外にも種々変形可能であり、例えば内部直線アンテナ 6 2 を井形状に配置することにより、より効率的、均一なプラズマの生成を行うことを可能としている。

【0 1 9 5】又、上記の説明では高周波を用いたエッチング (アッシング) や C V D などの高周波処理装置に付いて述べたが、容器中などでプラズマ状態を作り出す源となる高周波放電装置も提供できる。

【0 1 9 6】その他、本発明の要旨を変更しない範囲において、種々変形可能となっている。

【0 1 9 7】

【発明の効果】以上詳記したように本発明によれば、容器内に配置するアンテナを単純な構造にできる高周波放電方法及びその装置を提供できる。

【0 1 9 8】又、本発明によれば、真空容器内に配置す

るアンテナの構造を単純にして高周波処理ができる高周波処理装置を提供できる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明に係わる高周波放電方法を適用した高周波処理装置の第 1 の実施の形態を示す構成図。

【図 2】同装置に用いるアンテナの構成図。

【図 3】本発明の高周波処理装置におけるアンテナを 2 本直列接続した変形例を示す構成図。

【図 4】本発明の高周波処理装置におけるアンテナを 2 本並列接続した変形例を示す構成図。

【図 5】直線状のアンテナを用いた装置での電力伝達効率  $p_r$  の投入する高周波電力の依存性を示す図。

【図 6】本発明装置の比較対象とする外部アンテナ方式の高周波処理装置の構成図。

【図 7】2 本の直線状のアンテナを用いた装置での電力伝達効率  $p_r$  の投入する高周波電力の依存性を示す図。

【図 8】内部直線アンテナを配置したときのスパッタリングによって生じる不純物量の実験結果を示す図。

【図 9】本発明に係わる高周波放電方法を適用した高周波処理装置の第 2 の実施の形態を示す構成図。

【図 10】フローティングコンデンサが無いときのアンテナ上の高周波電圧分布を説明するための図。

【図 11】フローティングコンデンサを接続したときのアンテナ上の高周波電圧分布を説明するための図。

【図 12】本発明の高周波処理装置におけるアンテナを 2 本直列接続した変形例を示す構成図。

【図 13】本発明の高周波処理装置におけるアンテナを 2 本並列接続した変形例を示す構成図。

【図 14】フローティングコンデンサの実験に使用する高周波処理装置の構成図。

【図 15】同装置において Ar プラズマを生成したときの高周波電圧、電圧、電流及び発光強度の測定結果を示す図。

【図 16】同装置の実験結果を得るためのフローティングコンデンサの各容量の組み合わせタイプを示す図。

【図 17】高周波出力に対する高周波電圧の振幅を示す図。

【図 18】フローティングコンデンサの各容量に対する各発光強度を示す図。

【図 19】シース厚さの測定結果を示す図。

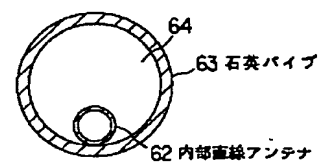
【図 8】

表面元素組成比 [%]					
アンテナ	基板	Ag	Cu	Si	C
A1 むき出し	poly-Si	36.2	—	—	12.9
Cu 直線 + 石英カバー	Cu	—	46.1	—	—

【図 16】

各タイプでのコンデンサ容量		
タイプ	Cf	Cl
a	0	350pF
b	350pF	0
c	0	0

【図 23】



【図 20】同シース厚さの測定結果をグラフ化した図。

【図 21】シース厚さを行なう測定回路を示す概略構成図。

【図 22】本発明の第 3 の実施の形態に係わる高周波処理装置の構成を示す平面図。

【図 23】同実施の形態に係わる石英パイプに内部直線アンテナを偏心して設けた状態を示す図。

【図 24】同実施の形態に係わるアンテナ固定部材の形状を示す図。

【図 25】同実施の形態に係わる同心状に設けられた内部直線アンテナと偏心して設けられた内部直線アンテナのアッシングレートの様子を示す比較図。

【図 26】同実施の形態の変形例に係わる中央部が凹んだ石英パイプの形状を示す図。

【図 27】同実施の形態の変形例に係わる内部直線アンテナの両端側に設けられる石英パイプの形状を示す図。

【図 28】同実施の形態の変形例に係わる内部直線アンテナの中央に位置する石英パイプの形状を示す図。

【図 29】同実施の形態の変形例に係わる中央部の径が大きく設けられた石英パイプの形状を示す図。

【図 30】同実施の形態の変形例に係わる石英パイプとこれに挿通される内部直線アンテナの位置関係を示す図であり、(a) は内部直線アンテナが蛇行した形状、

(b) はプラズマ生成チャンバの中央部分において内部直線アンテナを被処理体側に向けて変形させた状態を示す図。

【符号の説明】

1 : プラズマ生成チャンバ、

2 : ガス、

5 : 基板ステージ、

6 : 被加工物、

9 : 内部直線アンテナ、

10 : アンテナ導体、

11 : 石英パイプ、

13 : 高周波電源、

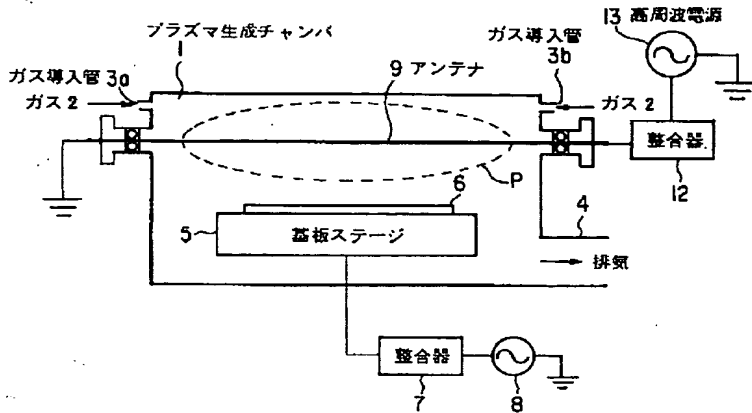
14, 15, 16, 17 : 内部直線アンテナ、

30, 31, 32 : フローティングコンデンサ、

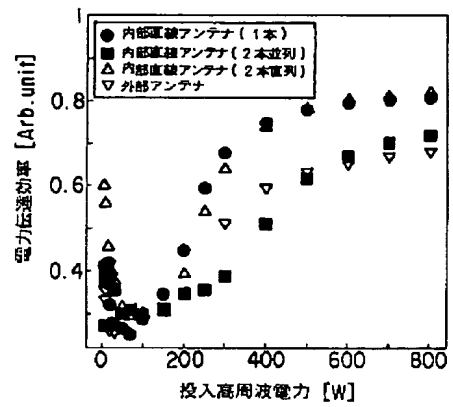
62 : 内部直線アンテナ、

63, 70, 72, 73, 74 : 石英パイプ。

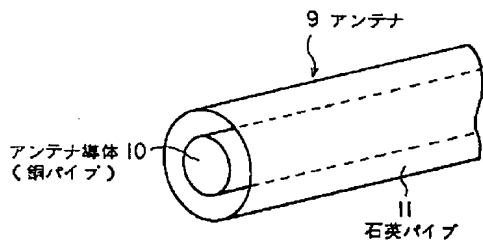
【図 1】



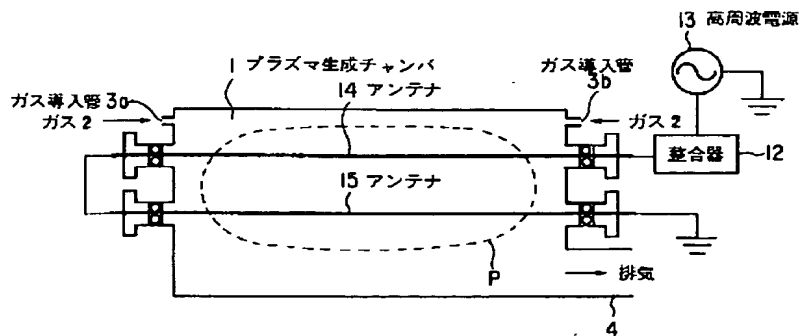
【図 7】



【図 2】



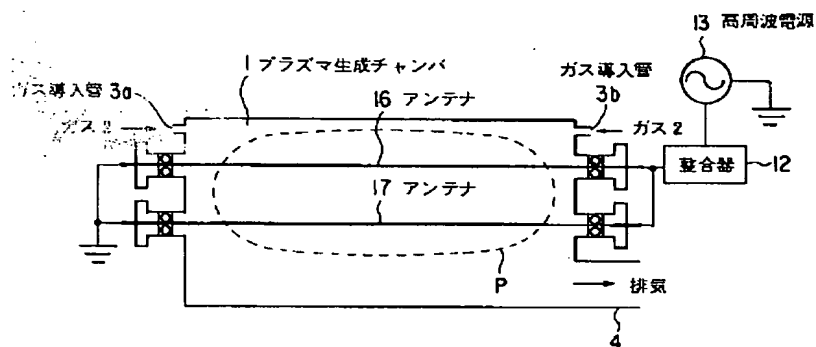
【図 3】



【図 15】

タイプ	Ar プラズマ			
	40W	100W	200W	400W
Vi [V]	a 45	40	34	28
	b 41	36	31	4
	c 261	313	412	560
V [v]	a 150	170	207	260
	b 149	173	214	275
	c 289	345	455	617
I [A]	a 3.8	5.0	7.0	10.2
	b 3.8	5.2	7.4	10.5
	c 3.3	4.2	6.0	8.7
発光強度 [0.4]	a 0.005	0.110	0.220	1.100
	b 0.009	0.360	0.740	1.150
	c 0.039	0.100	0.240	0.890

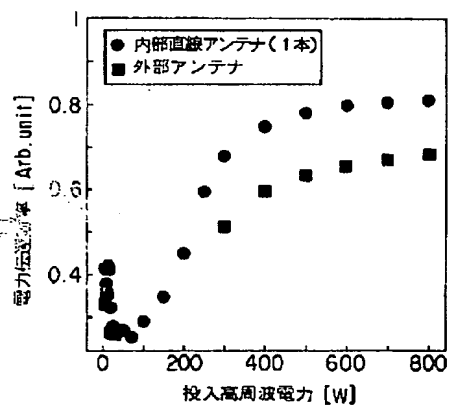
【図 4】



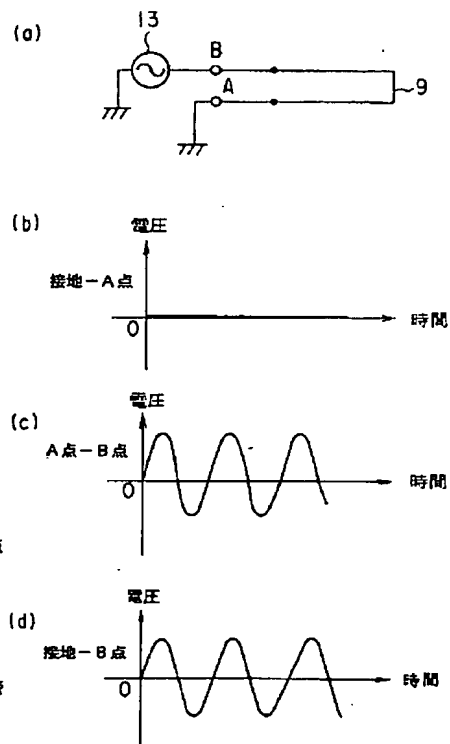
【図 2 4】



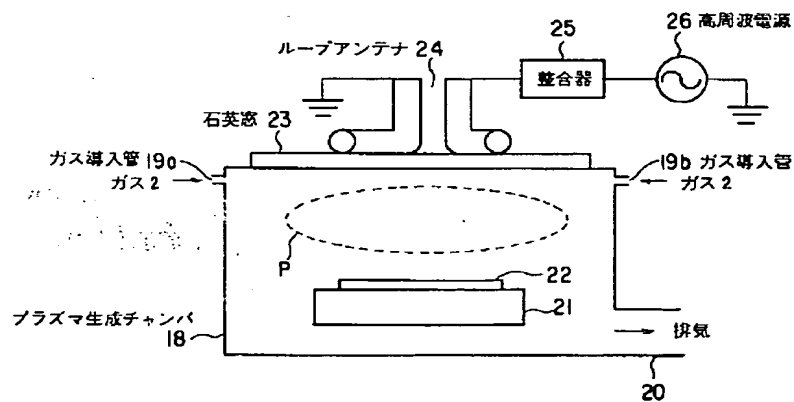
【図 5】



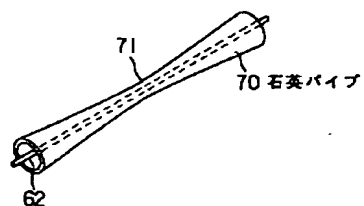
【図 1 0】



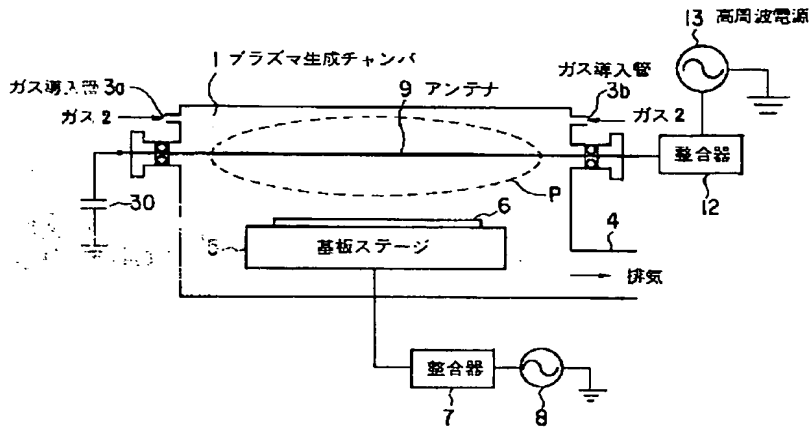
【図 6】



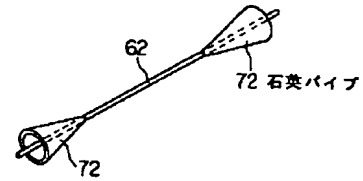
【図 2 6】



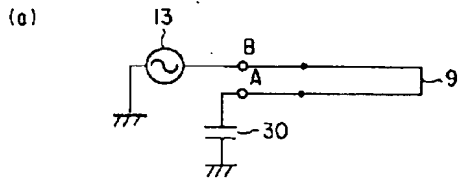
【図 9】



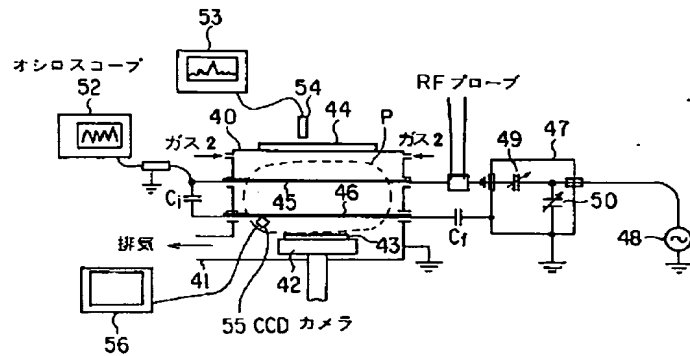
【図 27】



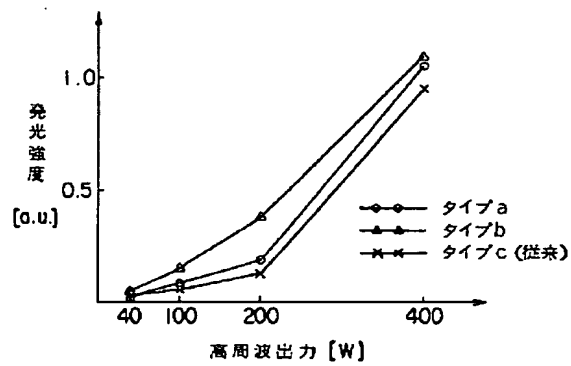
【図 11】



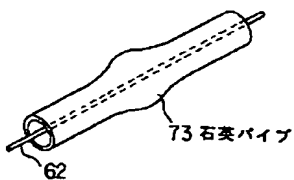
【図 14】



【図 18】

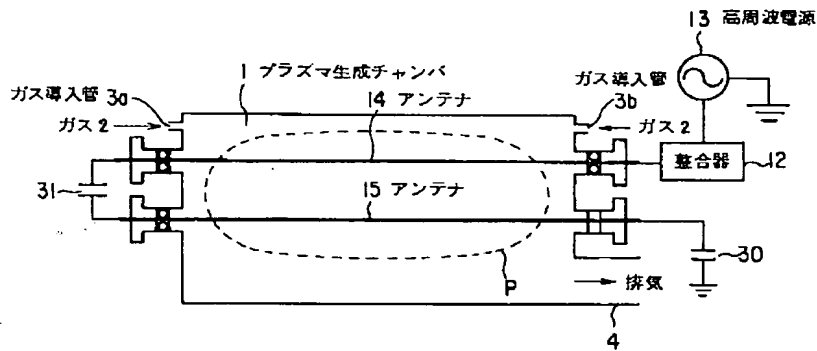


【図 29】

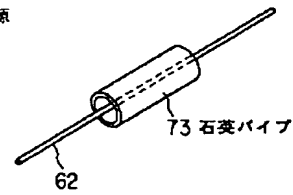




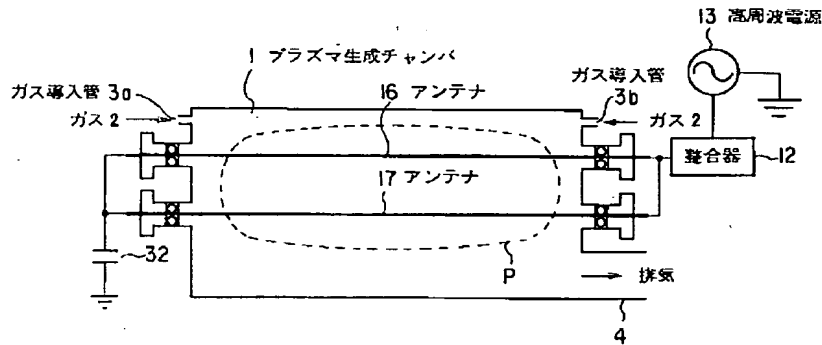
【図 12】



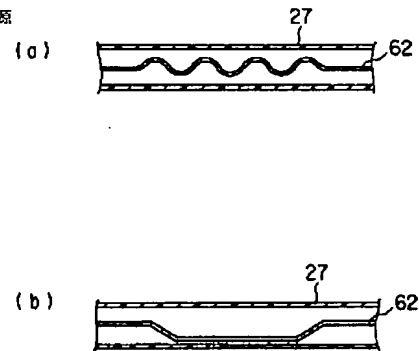
【図 28】



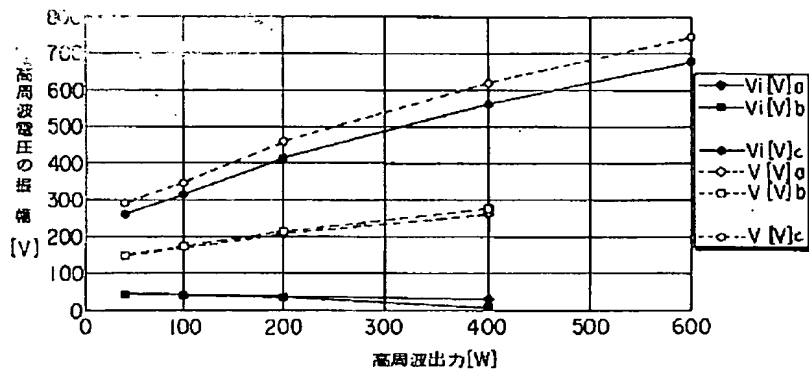
【図 13】



【図 30】



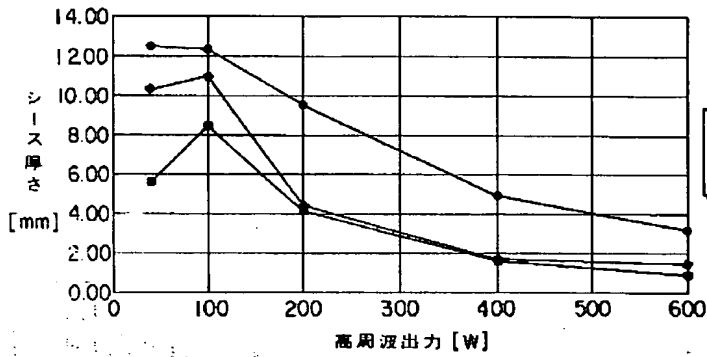
【図 17】



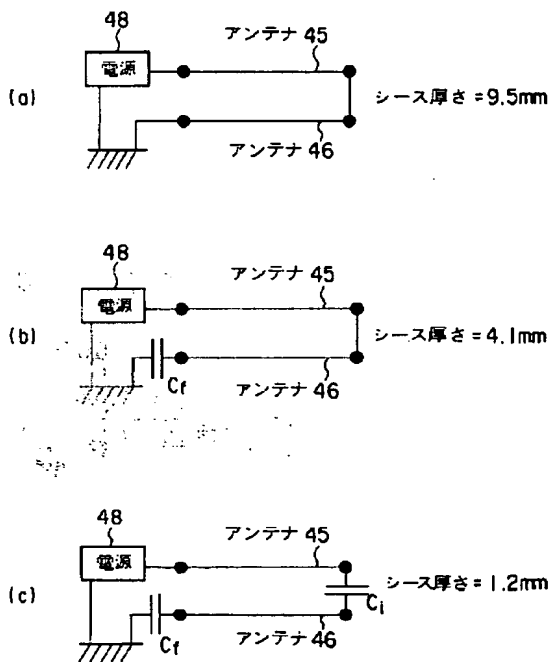
【図 19】

		O <sub>2</sub> プラズマ				
		40W	100W	200W	400W	600W
熱光 強度 [a.u.]	a	10.30	10.90	4.40	1.70	1.50
	b	5.60	8.40	4.10	1.60	0.93
	c	12.50	12.30	9.50	4.90	3.20

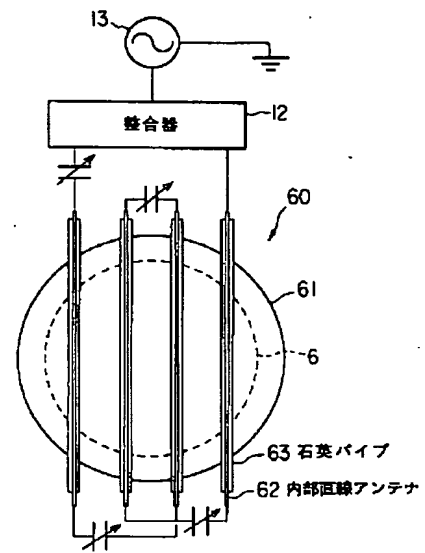
【図 20】



【図 21】



【図 22】



【図 25】

